



**REDESAIN STRUKTUR PEMBANGUNAN GEDUNG
PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN
KOMUNIKASI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Disusun Untuk Melengkapi Persyaratan Akhir
Program Studi Diploma III Teknik Sipil

Disusun Oleh :

Muhclisin

5111310011

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Redesain Struktur Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Komunikasi dan Informasi Universitas Negeri Semarang*”,
oleh:

Nama : Muhclisin
NIM : 5111310011

Telah dipertahankan di hadapan sidang penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Pada hari : Senin
Tanggal : 9 September 2013

Pembimbing:

Endah Kanti Pangestuti, ST, M.T
NIP. 19720709 199803 2 003

Penguji II:

Penguji I:

Endah Kanti Pangestuti, ST, M.T
NIP. 19720709 199803 2 003

Ir. Agung Sutarto, M.T
NIP. 1961048 199102 1 001

Ketua Jurusan,

Ketua Program Studi,

Drs. Sucipto, M.T
NIP. 19630101 199102 1 001

Endah Kanti Pangestuti, S.T,M.T
NIP. 19720709 199803 2 003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang,

Drs. M. Harlanu, M. Pd
NIP. 19660215 199102 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Selalu ada kata mungkin, bagi mereka yang mau berusaha.
2. Masalah bukan untuk lewati tetapi masalah untuk kita hadapi.
3. Terkadang hidup memang berat dan membuat kita hampir menyerah tapi kita harus yakin bahwa Allah pelindung, pencipta, cinta kita. (Sang Pencerah)
4. Pastikan orang tuamu bangga denganmu. (Hanggoro Tri Cahyo)

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT atas segala karunia serta rahmatnya.
2. Kedua orang tua tercinta (Suwulan dan Sakimah) yang telah memberikan dukungan moril maupun materil.
3. Adek ku tersayang (Indana Zulfa dan Evan Fadil Ramadhani).
4. Ika Rahmawati yang telah memberikan dukungan serta semangatnya.
5. *Big Family* kost Kolom House (Hendra, Arif, Huda, Fian, Kharis, Wahid, Ricky, Ipul dan Taufik).
6. Teman-teman D3 Sipil 10 (Faris, Heni, Rofiq, Reza, Bagus, Eddo dan lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu).

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat-Mu Ya Allah, atas segala karunia, rahmat dan kasih sayangmu yang senantiasa dicurahkan kepada hambamu yang lemah ini, dan atas pertolonganmu juga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir, yang berjudul “Redesain Struktur Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang”

Penulis menyadari sepenuhnya akan kekurangan – kekurangan baik teori dan metodologinya, sehingga Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Disamping itu penulis juga menyadari, tanpa adanya bekal pengetahuan, bimbingan, dorongan moril dan materil serta bantuan dari berbagai pihak maka belum tentu Tugas Akhir ini bisa selesai. Oleh karena itu dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan rasa terima kasih yang setinggi-tingginya, kepada yang terhormat:

1. Drs. M Harlanu, M.Pd, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Drs. Sucipto, S.T., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
3. Endah Kanthi Pangestuti, ST.,MT., selaku kaprodi Teknik Sipil D3 sekaligus dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran serta tenaganya untuk membimbing penulis.
4. Seluruh dosen jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
5. Pihak ULP Universitas Negeri Semarang yang telah membantu memberikan data – data pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang kepada penulis.
6. Keluarga, Bapak dan Ibu yang selalu senantiasa memberikan bantuan yang berupa materi maupun imateri.

7. Teman – teman Teknik Sipil D3 angkatan 2010 yang telah memberikan dukungan serta motivasinya.
8. Semua pihak yang tidak disebutkan dan telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini sehingga dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan penulis, oleh karena itu dengan segala keterbukaan penulis, akan menerima kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan dan kebenaran Tugas Akhir ini dan semoga nantinya tulisan ini dapat berguna bagi para pembaca sekalian.

Dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih untuk semua yang telah memberikan bantuan dan dorongan dan atas banyak salah serta kekeliruan yang telah diperbuat oleh penulis, maka penulis memohon maaf.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Judul Tugas Akhir	1
1.2 Latar Belakang Masalah.....	1
1.3 Lokasi Pembangunan Gedung PTIK UNNES	2
1.4 Data Umum Pembangunan Gedung PTIK UNNES.....	4
1.5 Tujuan dan Manfaat	6
1.5.1 Tujuan	6
1.5.2 Manfaat	6
1.6 Ruang Lingkup.....	7
1.7 Metode Pengumpulan Data	7
1.8 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II LANDASAN TEORI	12
2.1 Perencanaan.....	12
2.2 Persyaratan Bangunan Gedung	14
.....	
2.3 Struktur Bangunan Gedung.....	19
2.4 Pembebanan Gedung.....	23
2.5 Kombinasi Pembebanan untuk Metode Load Resistance Factor Design....	38

2.5.1 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Beton	39
2.5.2 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Baja	41
2.6 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Pondasi	42
2.7 Acuan Awal Perencanaan	43
2.8 Spesifikasi Bahan Bangunan	45
2.8.1 Semen Portland/PC.....	47
2.8.2 Air	48
2.8.3 Pasir	48
2.8.4 Beton Ringan	48
2.8.5 Batu Belah	49
2.8.6 Krikil	49
2.8.7 Batu Bata	49
2.8.8 Kayu	50
2.8.9 Baja Tulangan	50
2.8.10 Bahan Campuran Tambahan	51
2.9 Analisa dan Desain	52
BAB III PERENCANAAN ATAP	53
3.1 Perencanaan Atap	53
3.2 Data Teknis Perencanaan Struktur Atap	54
3.3 Perencanaan Reng	56
3.4 Perencanaan Usuk	59
3.5 Perencanaan Gording	65
3.6 Perencanaan Pembebanan pada Kuda – Kuda	72
3.7 Desain Kuda – Kuda	75
3.8 Pendimensian Batang Profil Kuda – Kuda.....	77
BAB IV PERENCANAAN PLAT LANTAI	81
4.1 Perencanaan Pelat Lantai	81
4.2 Data Teknis Perencanaan Pelat Lantai	82
4.3 Perencanaan Pelat Lantai 2 dan Lantai 3	82

4.3.1 Menentukan Syarat – Syarat Batas dan Panjang Bentang	84
4.3.2 Menentukan tebal pelat lantai	86
4.3.3 Pembebanan pelat lantai.....	88
4.3.4 Perhitungan momen	89
4.3.5 Perhitungan tulangan.....	113
4.3.6 Pemilihan tulangan.....	170
4.3.7 Pemeriksaan lebar retak	173
4.3.8 Hasil analisis SAP 2000 v10.....	173
BAB V PERENCANAAN TANGGA	174
5.1 Perencanaan Tangga.....	174
5.2 Data Teknis Perencanaan Tangga Hall	176
5.3 Perencanaan Tangga Hall Lantai 1 – 2 dan Lantai 2 – 3	177
5.3.1 Menentukan tebal pelat	179
5.3.2 Pembebanan tangga.....	179
5.3.3 Perhitungan momen	181
5.3.4 Perhitungan tulangan.....	183
5.3.5 Pemilihan tulangan.....	188
5.3.6 Pemeriksaan lebar retak	188
5.4 Data Teknis Perencanaan Tangga Laboratorium	189
5.5 Perencanaan Tangga Laboratorium Lantai 1 – 2 dan Lantai 2 – 3	190
5.5.1 Menentukan tebal pelat	192
5.5.2 Pembebanan tangga.....	192
5.5.3 Perhitungan momen	194
5.5.4 Perhitungan tulangan.....	196
5.5.5 Pemilihan tulangan.....	201
5.5.6 Pemeriksaan lebar retak	201
BAB VI PERENCANAAN PORTAL	202
6.1 Perencanaan Portal	202
6.2 Data Teknis Perencanaan Portal.....	203

6.3 Kombinasi Pembebanan Portal	204
6.4 Massa Struktur Portal	205
5.4.1 Beban pada lantai 1	205
5.4.2 Beban pada lantai 2	207
5.4.3 Beban pada lantai 3	211
6.5 Perencanaan Kolom	215
6.5.1 Kolom K1.A	216
6.5.2 Kolom K1.B	217
6.4.3 Kolom K1.C	219
6.5.4 Kolom K1.D	220
6.5.5 Kolom K1.B'	221
6.4.6 Kolom K1.C'	222
6.5.7 Kolom K1.D'	223
6.5.8 Kolom K2.A	225
6.5.9 Kolom K2.B	226
6.6 Perencanaan Balok	228
6.6.1 Balok BS.01	230
6.6.2 Balok BS.02	232
6.6.3 Balok BS.03	235
6.6.4 Balok G1.01	237
6.6.5 Balok G1.02	239
6.6.6 Balok G1.03	242
6.6.7 Balok G1.04	244
6.6.8 Balok G1.05	247
6.6.9 Balok G2.01	249
6.6.10 Balok G2.01a	251
6.6.11 Balok G2.01	254
6.6.12 Balok G2.03	256
6.6.13 Balok G3.01	258
6.6.14 Balok G3.02	261
6.6.15 Balok G4.01	263

6.6.16 Balok G5.01	265
6.6.17 Balok G5.02	268
6.6.18 Balok G6.01	270
6.6.19 Balok G6.02.....	272
6.6.20 Balok G7.01	275
6.6.21 Balok GA.01	277
6.6.22 Balok GA.01	279
6.6.23 Balok GA.03	282
6.6.24 Balok GA.04	284
6.6.25 Balok GA.04a	287
6.6.26 Balok GA.05	289
6.6.27 Balok GR.01	291
6.6.28 Balok GR.02	293
6.6.29 Balok GR.03	296
6.6.30 Balok GX.01	299
6.7 Analisa Beban Gempa Statik Ekuivalen	304
1. Metode shape dan waktu getar alami	305
2. Kombinasi ragam	306
3. Participating mass ratio	307
4. Base shear atau gaya geser dasar.....	308
5. Berat struktur total.....	309
6. Beban nominal.....	309
BAB VII PERENCANAAN PONDASI	311
7.1 Perencanaan Pondasi	311
7.2 Data Teknis Perencanaan Pondasi untuk Struktur	312
7.2.1 Pekerjaan Pendahuluan.....	315
1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}	315
2. Beban gaya vertikal sentris.....	317
3. analisa beban momen	317
4. Perhitungan tulangan pondasi untuk foot plat.....	318

7.4 Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.02.....	323
1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}	323
2. Beban gaya vertikal sentris.....	324
3. analisa beban momen	325
4. Perhitungan tulangan pondasi untuk foot plat.....	326
7.5 Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.03.....	331
1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}	331
2. Beban gaya vertikal sentris.....	333
3. analisa beban momen	333
4. Perhitungan tulangan pondasi untuk foot plat.....	334
7.6 Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.04.....	339
1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}	339
2. Beban gaya vertikal sentris.....	341
3. analisa beban momen	341
4. Perhitungan tulangan pondasi untuk foot plat.....	342
BAB IV RENCANA KERJA dan SYARAT.....	347
8.1 Lingkup Pekerjaan	347
8.2 Persyaratan Teknis Pekerjaan Pendahuluan dan Struktur.....	348
8.2.1 Pekerjaan Persiapan.....	348
1. Pembersihan Halaman.....	348
2. Jalan masuk ke Lokasi Kerja.....	348
3. Membuat Direksi keet	349
4. Pekerjaan Pengukuran	349
5. Mobilisasi dan Demobilisasi	350
6. Menyediakan Air Kerja dan Fasilitas Listrik	350
7. Pagar Pengaman	351
8. Papan Nama Proyek	351
9. Pekerjaan Urugan	351
10. Pekerjaan Timbunan	352

8.2.2 Pekerjaan Pondasi	352
1. Uraian	352
2. Pekerjaan Beton Bertulang	352
3. Refrensi dan Standar-Standar	355
4. Percobaan Bahan dan Campuran Beton	357
5. Mobilisasi dan Demobilisasi	350
8.2.3. Pelaksaaan Beton Ready Mixed	362
1. Umum	362
2. Pengecoran dan Pemadatan Beton	365
3. Penghentian atau Kemacetan Pekerjaan	371
4. Siar Pelaksanaan	371
5. Perawatan Beton	372
6. Toleransi Pelaksanaan	373
7. Cacat Beton	374
8. Pekerjaan Penyambungan Beton	376
9. Percobaan Beton	376
8.2.4. Pekerjaan Struktur	378
1. Pekerjaan Beton Bertulang	378
a. Pekerjaan Pembesian	378
b. Pekerjaan Beton	381
2. Pekerjaan Begisting	398
a. Umum	398
b. Bahan	381
c. Pelaksanaan	400
8.3 Persyaratan Teknis Pekerjaan Arsitektur dan Plumbing	404
8.3.1 Pekerjaan Pasangan dan Plesteran	404
1. Bahan	406
2. Syarat-Syarat Pelaksanaan	406
8.3.2 Pekerjaan Floor Hardener dan Kedap Air	409
1. Bahan	409
2. Syarat-Syarat Pelaksanaan	410

8.3.3 Pekerjaan Kaca dan Kusen Alumunium	415
1. Bahan.....	415
2. Macam Pekerjaan	415
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	416
8.3.4 Pekerjaan Kaca dan Kusen Alumunium	417
1. Bahan.....	41
2. Macam Pekerjaan	415
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	416
4. Pemotongan Ubin dan Keramik	421
8.3.5 Pekerjaan Langit-Langit	421
1. Bahan.....	421
2. Macam Pekerjaan	422
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	422
4. Penyimpanan Bahan-Bahan	424
8.3.6 Pekerjaan Cat	424
1. Bahan.....	424
2. Macam Pekerjaan	425
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	425
8.3.7 Pekerjaan Sanitair	426
1. Lingkup Pekerjaan.....	426
2. Persyaratan Bahan	426
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	426
8.3.8 Pekerjaan Penutup Atap	427
1. Lingkup Pekerjaan.....	427
2. Pelaksanaan Pekerjaan	427
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	428
8.3.9 Pekerjaan Khusus Pintu Baja.....	429
1. Lingkup Pekerjaan.....	429
2. Pelaksanaan Pekerjaan	429
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	431
8.3.10 Pekerjaan Railling	429

8.3.11 Pekerjaan Khusus Silicone Sealant	433
1. Bahan	433
2. Macam Pekerjaan	433
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	433
8.3.12 Pekerjaan Khusus Alumunium Composit Panel	434
1. Umum	434
2. Persyaratan Bahan	435
3. Syarat-Syarat Pelaksanaan	436
8.3.13 Pekerjaan Plumbing	439
1. Ketentuan Umum	439
a. Lingkup Pekerjaan Plumbing	435
8.3 Persyaratan Teknis Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal	444
8.3.1 Pekerjaan Plumbing	439
1. Syarat Pekerjaan	444
a. Umum	444
b. Gambar	445
c. Koordinasi	446
d. Daftar Bahan	446
e. Peralatan	447
f. Pekerjaan Listrik	448
g. Pengujian dan Penerimaan	448
8.3.1 Pekerjaan Elektrikal	449
1. Syarat Pekerjaan	449
2. Transformasi Daya	452
3. Panel Tama Tegangan Rendah	454
4. Penerangan dan Stop Kontak	455
5. Syarat Bahan	458
6. Penangkal Petir	459
7. Uraian Sitem, Kontrol,Engine,Generator dan Peralatan	460
8. Pekerjaan Elektronik	465
9. Pekerjaan Instalasi Telepon	467

BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA	470
5.1 Uraian Umum.....	470
5.2 Perhitungan Volume Gedung.....	471
BAB X PENUTUP.....	473
6.1 Simpulan	473
6.2 Saran.....	474
DAFTAR PUSTAKA	475
LAMPIRAN.....	476

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Umur Layanan Rencana.....	19
Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup.....	27
Tabel 2.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif	28
Tabel 2.4 Respon Spektrum Gempa Rencana untuk Tiga Kondisi Tanah.....	34
Tabel 2.5 Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah (SNI 03 – 1726 – 2002)	34
Tabel 2.6 Nilai Spektrum Respon Gempa Rencana (SNI 03 – 1726 – 2002)..	35
Tabel 2.7 Nilai Faktor Keutamaan (Pasal 4.1.2 SNI 03 – 1726 – 2002)	36
Tabel 2.8 Faktor Modifikasi Respons untuk Sistem Struktur Beton Bertulang (Imron, 2010)	37
Tabel 2.9 Kapasitas Dukung Tanah yang Dijinkan	43
Tabel 2.10 Pemilihan Sistem Struktur	45
Tabel 3.1 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Usuk	62
Tabel 3.2 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Gording	69
Tabel 3.3 Syarat – Syarat Lendutan	70
Tabel 4.1 Tulangan Pelat Lantai	170
Tabel 5.1 Tulangan Pelat Tangga dan Bordes	188
Tabel 5.2 Tulangan Pelat Tangga dan Bordes	201
Tabel 6.1 Dimensi Kolom.....	216
Tabel 6.2 Tulangan Kolom	228
Tabel 6.3 Dimensi Balok.....	229
Tabel 6.3 Tulangan Balok	301
Tabel 6.5 Modal Periods and Frequencies	306
Tabel 6.6 Modal Participating Mass Ratio.....	307
Tabel 6.7 Gaya Geser Dasar.....	308
Tabel 6.8 Berat Struktur	309

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pembangunan Gedung PTIK UNNES	3
Gambar 2.1 Susunan Kolom Balok.....	20
Gambar 2.2 Ketidakstabilan terhadap Beban Horisontal.....	21
Gambar 2.3 Ketidakstabilan Susunan Pelat dan Dinding	21
Gambar 2.4 Bracing	21
Gambar 2.5 Bidang Geser	22
Gambar 2.6 Joints Kaku.....	22
Gambar 2.7 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Perioda Ulang 500 Tahun	32
Gambar 2.8 Bentuk Tipikal Spektrum Respon Gempa Rencana Wilayah Gempa 2	33
Gambar 2.9 Pembebanan pada Bangunan Gedung	38
Gambar 3.1 Rencana Kuda – Kuda.....	55
Gambar 3.2 Perencanaan Gording	66
Gambar 3.3 Hasil Analysis Run.....	76
Gambar 3.4 Reaksi Pembebanan yang Terjadi di RA dan RB	76
Gambar 3.5 Pengecekan Batang Profil Baja pada Kuda – Kuda	79
Gambar 4.1 Rencana Pelat Lantai 2	83
Gambar 4.2 Rencana Pelat Lantai 3	83
Gambar 4.3 Rencana Pelat Atap	84
Gambar 4.4 Deformasi Pelat Lantai.....	174
Gambar 5.1 Rencana Tangga Hall Lantai 1 – 2 dan Lantai 2 – 3.....	177
Gambar 5.2 Rencana Tangga Laboratorium Lantai 1 – 2 dan Lantai 2 – 3.....	190
Gambar 6.1 Permodelan Struktur Gedung PTIK UNNES	203
Gambar 7.1 Letak Pondasi Foot Plat.....	312
Gambar 7.2 Simplifikasi Soil Profile.....	264
Gambar 7.3 Rencana Pondasi Foot Plat.....	318
Gambar 7.4 Simplifikasi Soil Profile.....	323

Gambar 7.5 Rencana Pondasi Foot Plat.....	326
Gambar 7.6 Simplifikasi Soil Profile.....	331
Gambar 7.7 Rencana Pondasi Foot Plat.....	334
Gambar 7.8 Simplifikasi Soil Profile.....	339
Gambar 7.9 Rencana Pondasi Foot Plat.....	342

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar Bestek

Laporan Investigasi Soil Test

Hasil Analisis Program SAP 2000 v10

Rencana Anggaran Biaya

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Judul Tugas Akhir

Judul yang diangkat penulis dalam Tugas Akhir ini adalah “REDESAIN STRUKTUR PEMBANGUNAN GEDUNG PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG”

1.2 Latar Belakang Masalah

Universitas Negeri Semarang, khususnya program studi Diploma III Teknik Sipil, merupakan salah satu lembaga pendidikan tinggi yang berusaha menghasilkan lulusan siap pakai pada tingkat menengah. Dengan posisi ahli madya dilapangan, maka diharapkan dapat mengisi kesenjangan hubungan antara tenaga ahli dengan para teknisi termasuk dengan para pekerja.

Untuk mendukung hal ini, seorang ahli madya Teknik Sipil harus memahami dasar-dasar perencanaan dan pelaksanaan konstruksi. Salah satu usaha untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan dalam perencanaan konstruksi adalah dengan menyusun Tugas Akhir. Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat bagi mahasiswa jurusan teknik sipil untuk mencapai gelar ahli madya.

Sebagai obyek penulisan dari Tugas Akhir ini adalah Redesain Struktur Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang.

Prinsip dari perencanaan struktur gedung ini adalah menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman, kuat, efisien dan ekonomis. Suatu konstruksi gedung harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri, sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam jangka waktu yang direncanakan.

Dalam proyek ini direncanakan sebuah gedung perkuliahan 3 lantai dimana ditempat tersebut akan digunakan kegiatan yang berhubungan dengan kegiatan perkuliahan dan tempat pendukung proses kegiatan belajar mengajar.

1.3 Lokasi Proyek

Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Teknologi Universitas Negeri Semarang (PTIK UNNES) ini terletak pada Kampus Sekaran Gunung Pati, dan berbatasan langsung dengan :

Sebelah Utara	: Lereng
Sebelah Selatan	: Gedung perkuliahan E2 dan E1
Sebelah Timur	: Gedung perkuliahan E3 dan E4
Sebelah Barat	: Jalan kampus UNNES

Untuk lebih jelas lokasi proyek dapat dilihat pada gambar 1.1 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.1 Denah Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang.

1.4 Data Umum Proyek

Adapun data-data proyek pada Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Teknologi Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut :

- a. Nama Proyek : Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang
- b. Lokasi Pekerjaan : Kampus Sekaran, Gunung Pati – Semarang
- c. Jumlah Lantai : 3 Lantai

➤ Data Teknis Proyek

- a. Nama Bangunan : Gedung PTIK UNNES
- b. Luas Lantai Terdiri atas :
 - Luas Lantai 1 : 1,313.25 m²
 - Luas Lantai 2 : 1,153.15 m²
 - Luas Lantai 3 : 910.75 m²
 - Total Luas Lantai : 3,377.15 m²
- c. Fungsi Lantai Terdiri atas :
 - Lantai 1 : Ruang Dosen, Guru Besar, Ruang TU, Ruang Rapat, Ruang Kelas dan Laboratorium
 - Lantai 2 : Laboratorium, Ruang Kelas, Ruang Janitor
 - Lantai 3 : Laboratorium, Ruang Kelas dan Ruang Hotspot Area

d. Pekerjaan Bangunan :

- Pekerjaan persiapan
- Pekerjaan struktur
- Pekerjaan arsitektur
- Pekerjaan infrastruktur
- Pekerjaan ME

➤ **Spesifikasi Struktur**

- Mutu Beton Struktur : K-300 kg/cm² untuk semua struktur utama (Kolom, Balok, Pelat, Pondasi, Balok Ring/konsol/sloof dan tangga).
- Beton Praktis dengan campuran 1Pc:2Ps:3Kr
- Mutu Tulangan Baja :
 - Fy 2400 kg/cm² atau U24 untuk D_p diameter < diameter 13
 - Fy 3900 kg/cm² atau U39 untuk D_D diameter > diameter 13

➤ **Spesifikasi Pondasi**

- Jenis Tanah : Tanah yang berupa lempung keras (claystone) yang berupa serpihan-serpihan batuan, sampai kedalaman 4 m.
- Jenis Pondasi Terdiri dari :
 - Pondasi Foot Plat (FP.01) yaitu dengan mutu beton K-300 kg/cm²
 - Pondasi Foot Plat (FP.02) yaitu dengan mutu beton K-300 kg/cm²
 - Pondasi Foot Plat (FP.03) yaitu dengan mutu beton K-300 kg/cm²
 - Pondasi Foot Plat (FP.04) yaitu dengan mutu beton K-300 kg/cm²

➤ **Spesifikasi Atap**

- Mutu Baja : Bj 37
- Rangka Atap : Baja Double Siku
- Penutup Atap : Genteng Onduvilla atau Beton
- Gording : Baja Kanal C
- Usuk dan Reng : Kayu Kelas Kuat I

1.5 Tujuan dan Manfaat

1.5.1 Tujuan

Tujuan dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah agar penulis dapat meredesain ulang struktur pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi mulai dari sub struktur yaitu bagian mendukung struktur; pondasi/bagian atau struktur bertindak sebagai dukungan, dasar, atau pondasi/kerangka dasar atau landasan yang mendukung suprastruktur, dan didukung oleh infrastruktur sampai upper struktur yaitu pekerjaan struktur bagian atas atau struktur yang secara langsung menerima beban bangunan baik dari arah vertikal maupun horisontal.

1.5.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari pembuatan Tugas Akhir ini adalah menambah wawasan, pengalaman dan ilmu pengetahuan penulis tentang meredesain struktur bangunan gedung.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penulisan dalam penyusunan Tugas Akhir ini membahas tentang perencanaan struktur bangunan gedung. Adapun Ruang lingkup penulisan Tugas Akhir ini meliputi:

1. Perancangan Atap
2. Perancangan Plat Lantai
3. Perancangan Tangga
4. Perancangan Balok
5. Perancangan Kolom
6. Perancangan Pondasi
7. Rencana Kerja dan Syarat-syarat
8. Rencana Anggaran Biaya

1.7 Metode Pengumpulan Data

Terdapat beberapa metode yang digunakan penulis untuk memperoleh data – data yang diperlukan, antara lain sebagai berikut:

1. Metode observasi

Metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung pada obyek dilapangan dan kemudian diolah dalam bentuk laporan tertulis. Contohnya yaitu melihat keseluruhan bangunan gedung PTIK UNNES meliputi pengamatan terhadap bentuk – bentuk kolom dan balok, pengamatan terhadap pelat lantai, tangga dan struktur atap.

2. Metode wawancara

Metode pengumpulan data dengan cara mengajukan pertanyaan secara langsung kepada beberapa pihak atau tenaga ahli yang paham tentang proyek pembangunan gedung PTIK UNNES. Contohnya yaitu dengan cara tanya jawab dengan pelaksana lapangan tentang dimensi balok, kolom, pelat lantai dan tangga yang digunakan diproyek pembangunan gedung PTIK UNNES dan bertanya dimensi dari besi yang digunakan untuk pelat lantai, kolom, balok dan tangga gedung PTIK UNNES. Selain itu bertanya dengan pelaksana lapangan tentang struktur atap yang digunakan diproyek pembangunan gedung PTIK UNNES.

3. Metode Studi Literatur

Metode pengumpulan data dengan cara mempelajari bahan-bahan tertulis baik yang diambil dibuku atau dokumen-dokumen tertulis lainnya. Contohnya yaitu dengan mempelajari RKS (Rencana Kerja dan Syarat syarat) proyek pembangunan gedung PTIK UNNES dan mempelajari gambar shop drawing gedung PTIK UNNES.

1.8 Sistematika Penulisa

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan uraian lebih jelas maka laporan disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang hal-hal yang melatar belakangi penyusunan Tugas Akhir serta maksud dan tujuan, ruang lingkup penulisan, pembatasan masalah, metodologi, dan sistematisasi penyusunan.

BAB II DASAR – DASAR PERENCANAAN

Berisi materi – materi penunjang dan ungkapan – ungkapan teori yang dipilih untuk memberikan landasan yang kuat tentang redesain struktur gedung dan syarat – syarat struktur pembangunan gedung yang diperoleh dari berbagai sumber buku.

BAB III ANALISA STRUKTUR ATAP

Berisi tentang ketentuan perencanaan dalam hal ini digunakan struktur atap rangka baja, perhitungan struktur rangka tap, perencanaan reng, perencanaan usuk, perencanaan gording, perhitungan pembebanan kuda-kuda, pendimensian batang, serta penggunaan program SAP V10 dalam mencari gaya batang pada atap.

BAB IV PERENCANAAN PLAT LANTAI

Berisi tentang dasar perencanaan, estimasi pembebanan, perencanaan plat lantai, serta penggunaan program SAP V10 dalam menentukan dimensi dan pembebanan plat.

BAB V PERENCANAAN TANGGA

Berisi tentang tinjauan umum, perencanaan konstruksi tangga, analisa dan penulangan tangga, serta penggunaan program SAP V10 dalam menentukan pembebanan pada tangga.

BAB VI PERENCANAAN PORTAL

Berisi uraian umum tentang dasar perencanaan, data perencanaan, peraturan yang digunakan, perhitungan portal, perhitungan tulangan pada balok dan kolom, serta penggunaan program SAP V10 perhitungan momen.

BAB VII PERENCANAAN PONDASI

Berisi tentang dasar perencanaan pondasi, analisa struktur, perhitungan beban, perhitungan penulangan, perhitungan penurunan atau settlement, dan dalam hal ini gedung direncanakan dengan menggunakan pondasi foot plat.

BAB VIII RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT

Berisi tentang syarat-syarat umum penyelenggaraan bangunan.

BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA

Berisi tentang uraian umum rencana anggaran biaya, metode perhitungan rencana anggaran biaya, perhitungan volume

pekerjaan, harga satuan dari masing-masing pekerjaan, rekapitulasi harga seluruh pekerjaan, anggaran biaya proyek.

BAB X PENUTUP

Bab ini berisi uraian tentang kesimpulan dan saran dari perencanaan proyek tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar petunjuk sumber bahan yaitu apa, dari mana, dan kapan dikeluarkannya. Untuk mempertanggungjawabkan bahan yang diambil atau dipinjam penulis dari sumber acuan guna membantu penulis dalam mencari sumber bahan.

LAMPIARAN

Berisi informasi – informasi penting dalam penulisan dan berupa hal – hal yang tidak disertakan penulis dalam teks penulisan seperti tabel, gambar, bagan, hasil pengolahan data, surat izin dan lain – lain.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Perencanaan

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (dead load) berupa berat sendiri, beban hidup (live load) berupa beban akibat penggunaan ruang dan beban khusus seperti penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Suatu beban yang bertambah dan berkurang menurut waktu secara berkala disebut beban bergoyang, beban ini sangat berbahaya apabila periode penggoyangannya berimpit dengan periode struktur dan apabila beban ini diterapkan pada struktur selama kurun waktu yang cukup lama, dapat menimbulkan lendutan. Lendutan yang melampaui batas yang direncanakan dapat merusak struktur bangunan tersebut.

Ada empat yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan sebagai berikut:

1. Estetika

Merupakan dasar keindahan dan keserasian bangunan yang mampu memberikan rasa bangga kepada pemiliknya.

2. Fungsional

Disesuaikan dengan pemanfaatan dan penggunaannya sehingga dalam pemakaiannya dapat memberikan kenikmatan dan kenyamanan.

3. Struktural

Mempunyai struktur yang kuat dan mantap yang dapat memberikan rasa aman untuk tinggal di dalamnya.

4. Ekonomis

Pendimensian elemen bangunan yang proporsional dan penggunaan bahan bangunan yang memadai sehingga bangunan awet dan mempunyai umur pakai yang panjang.

Beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam perancangan dan analisis bangunan bertingkat sebagai berikut:

1. Tahap Arsitektural

Penggambaran denah semua lantai tingkat, potongan, tampak, perspektif, detail, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Bestek (Rencana Kerja dan Syarat/RKS).

2. Tahap Struktural

Menghitung beban – beban yang bekerja, merencanakan denah portal untuk menentukan letak kolom dan balok utamanya, analisa mekanika untuk pendimensian elemen struktur dan penyelidikan tanah untuk perencanaan fondasinya.

3. Tahap finishing

Memberikan sentuhan akhir untuk keindahan dan melengkapi gedung dengan segala fasilitas alat – alat mekanikal elektrik, sebagai pelayanan kepada penghuninya

2.2.Persyaratan Bangunan Gedung

Bangunan gedung adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya untuk kegiatan hunian atau tinggal, kegiatan usaha, kegiatan sosial, kegiatan budaya, dan/atau kegiatan khusus. Setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif baik pada tahap pembangunan maupun pada tahap pemanfaatan bangunan gedung negara dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan gedung. Persyaratan administratif bangunan gedung negara meliputi:

1. Dokumen pembiayaan
2. Status hak atas tanah
3. Status kepemilikan
4. Perizinan mendirikan bangunan gedung
5. Dokumen perencanaan
6. Dokumen pembangunan
7. Dokumen pendaftaran

Persyaratan teknis bangunan gedung negara harus tertuang secara lengkap dan jelas pada Rencana Kerja dan Syarat - Syarat (RKS) dalam

dokumen perencanaan. Secara garis besar persyaratan teknis bangunan gedung negara sebagai berikut:

1. Persyaratan tata bangunan dan lingkungan

Persyaratan tata bangunan dan lingkungan bangunan gedung negara meliputi persyaratan:

- Peruntukan dan intensitas bangunan gedung

Persyaratan peruntukan merupakan persyaratan peruntukan lokasi yang bersangkutan sesuai dengan RTRW kabupaten/kota, RDTRKP, dan/atau Rencana Tata Bangunan dan Lingkungan (RTBL). Persyaratan intensitas bangunan gedung meliputi persyaratan kepadatan, ketinggian, dan jarak bebas bangunan gedung yang ditetapkan untuk lokasi yang bersangkutan.

- Arsitektur bangunan gedung

- Persyaratan pengendalian dampak lingkungan

Persyaratan pengendalian dampak lingkungan meliputi koefisien dasar bangunan (KDB), koefisien lantai bangunan (KLB), koefisien daerah hijau (KDH) dan garis sempadan bangunan.

2. Persyaratan Bahan Bangunan

Bahan bangunan untuk bangunan gedung negara harus memenuhi SNI yang dipersyaratkan, diupayakan menggunakan bahan bangunan setempat atau produksi dalam negeri, termasuk bahan bangunan sebagai bagian dari komponen bangunan sistem fabrikasi, dengan tetap harus

mempertimbangkan kekuatan dan keawatannya sesuai dengan peruntukan yang telah ditetapkan.

3. Persyaratan struktur bangunan

Struktur bangunan gedung negara harus memenuhi persyaratan keselamatan (safety) dan kelayakan (serviceability) serta SNI konstruksi bangunan gedung, yang dibuktikan dengan analisis struktur sesuai ketentuan. Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan. Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan kuat/kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan kelayakan (serviceability) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan, dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya. Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban - beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri.

4. Persyaratan utilitas bangunan

Utilitas yang berada di dalam dan di luar bangunan gedung negara harus memenuhi SNI yang dipersyaratkan. Meliputi persyaratan:

- Keselamatan

Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir.

- Kesehatan

Persyaratan kesehatan bangunan gedung meliputi persyaratan sistem penghawaan, pencahayaan, dan sanitasi bangunan gedung.

- Kenyamanan

Persyaratan kenyamanan bangunan gedung meliputi kenyamanan ruang gerak dan hubungan antar ruang, kondisi udara dalam ruang, pandangan, serta tingkat getaran dan tingkat kebisingan.

- Kemudahan

Persyaratan kemudahan meliputi kemudahan hubungan ke, dari, dan di dalam bangunan gedung, serta kelengkapan prasarana dan sarana dalam pemanfaatan bangunan gedung.

5. Persyaratan sarana penyelamatan

Setiap bangunan gedung negara harus dilengkapi dengan sarana penyelamatan dari bencana atau keadaan darurat, serta harus memenuhi persyaratan standar sarana penyelamatan bangunan sesuai SNI yang dipersyaratkan. Setiap bangunan gedung negara yang bertingkat lebih dari tiga lantai harus dilengkapi tangga darurat dan pintu darurat. Pembangunan gedung PTIK UNNES direncanakan tiga lantai jadi tidak dilengkapi dengan tangga darurat dan pintu darurat.

Pembangunan bangunan gedung direncanakan melalui tahapan perencanaan teknis dan pelaksanaan beserta pengawasannya. Agar pelaksanaan pembangunan berjalan sesuai dengan rencana tepat biaya, tepat waktu dan tepat mutu maka perlu dilakukan pengawasan konstruksi. Tepat biaya dilakukan dengan mengontrol laporan harian, laporan mingguan dan laporan bulanan, tepat waktu dilakukan dengan membuat time scheduling, sedangkan tepat mutu dilakukan dengan memeriksa bahan – bahan yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan selain itu juga dilakukan pengujian lapangan terhadap hasil pekerjaan dilakukan pada setiap penyelesaian suatu pekerjaan untuk mengetahui kualitasnya.

Jangka waktu bangunan dapat tetap memenuhi fungsi dan keandalan bangunan diperhitungkan 50 tahun, sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Adapun ilustrasi tentang umur layanan rencana untuk setiap bangunan gedung sebagai berikut:

Kategori	Umur Layanan Rencana	Contoh Bangunan
Bangunan sementara	< 10 Tahun	Bangunan tidak permanen, rumah pekerja sederhana, ruang pameran sementara.
Jangka waktu Menengah	25 – 49 Tahun	Bangunan industri dan gedung parkir.

Jangka waktu lama	50 – 99 Tahun	Bangunan rumah, komersial dan perkantoran Bangunan rumah sakit dan sekolah. Gedung Parkir dilantai basement atau dasar.
Bangunan permanen	Minimum 100 Tahun	Bangunan monumental dan bangunan warisan budaya.

Tabel 2.1 Umur Layanan Rencana

Bangunan gedung PTIK UNNES direncanakan sebagai gedung perkuliahan sehingga dikategorikan jangka waktu lama dengan umur layanan rencana 50 – 99 Tahun.

2.3.Struktur Bangunan Gedung

Terdapat tiga klasifikasi struktur sebagai berikut:

1. Geometri

Terdiri dari elemen garis atau batang dan elemen bidang. Elemen garis atau batang meliputi struktur rangka kaku (frame), struktur rangka (truss), dan struktur pelengkung. Sedangkan elemen bidang meliputi pelat (plate), cangkang (shell), pelat lipat (folding plate), Kubah (dome), dinding geser (shear wall).

2. Kekakuan

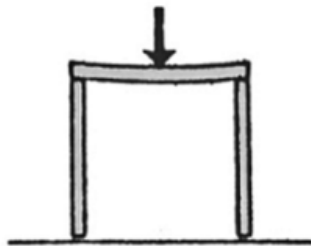
Terdiri dari struktur kaku dan struktur tidak kaku. Struktur kaku merupakan struktur yang tidak mengalami perubahan bentuk yang berarti akibat pengaruh pembebanan, misalnya struktur balok (beam), dan frame. Sedangkan struktur tidak kaku merupakan struktur yang mengalami perubahan bentuk tergantung pada kondisi pembebanan, misalnya struktur kabel.

3. Material

Material struktur terdiri dari struktur beton bertulang, struktur baja, struktur kayu, struktur komposit.

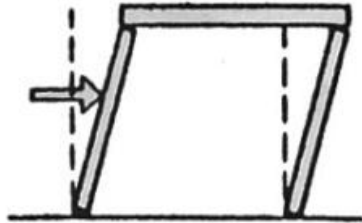
Sebuah struktur harus direncanakan dapat memikul beban – beban yang bekerja pada arah vertikal maupun arah horisontal, untuk itu struktur harus stabil. Macam – macam struktur yang tidak stabil sebagai berikut:

a. Ketidakstabilan susunan kolom balok



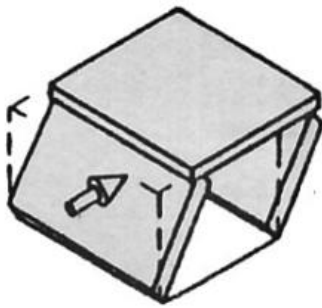
Gambar 2.1 Susunan Kolom Balok

- b. Ketidakstabilan terhadap beban horisontal



Gambar 2.2 Ketidakstabilan Terhadap Beban Horisontal

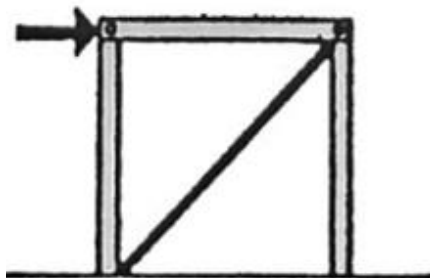
- c. Ketidakstabilan susunan pelat dan dinding



Gambar 2.3 Ketidakstabilan Susunan Pelat dan Dinding

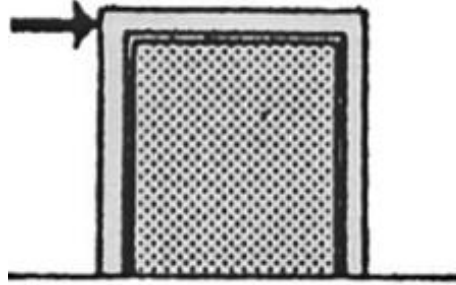
Tiga metode dasar untuk menjamin kestabilan struktur sederhana sebagai berikut:

- a. Bracing

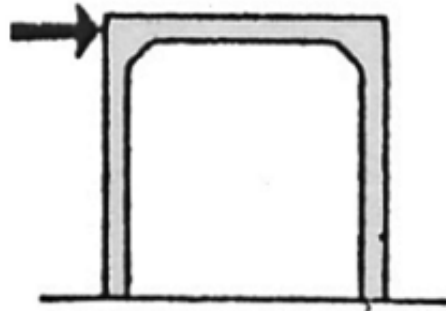


Gambar 2.4 Bracin

b. Bidang Geser

**Gambar 2.5** Bidang Geser

c. Joints Kaku

**Gambar 2.6** Joints Kaku

Jika suatu struktur dalam keadaan keseimbangan, maka harus dipenuhi syarat keseimbangan gaya sebagai berikut:

$$\Sigma R_x = 0 \quad \Sigma M_x = 0$$

$$\Sigma R_y = 0 \quad \Sigma M_y = 0$$

$$\Sigma R_z = 0 \quad \Sigma M_z = 0$$

Apabila salah satu syarat keseimbangan tidak dipenuhi, struktur dalam kondisi labil dan dapat mengalami keruntuhan.

2.4 Pembebanan Gedung

Ketentuan mengenai perencanaan didasarkan pada asumsi bahwa struktur direncanakan untuk memikul semua beban kerjanya. Beban kerja diambil berdasarkan *SNI 03-1727-1989-F, Tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung*. Dalam perencanaan terhadap beban gempa, seluruh bagian struktur yang membentuk kesatuan harus memenuhi *SNI 03-1726-2002, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Harus pula diperhatikan pengaruh dari gaya prategang, beban kran, vibrasi, kejutan, susut, perubahan suhu, rangkakan, perbedaan penurunan fondasi, dan beban khusus lainnya yang mungkin bekerja. Macam – macam beban pada gedung sebagai berikut:

1. Beban Mati (D)

Beban mati merupakan berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung menurut SNI 03-1727-1989-F. Bahan bangunan :

- Baja : 7850 kg/m³
- Batu alam : 2600 kg/m³
- Batu belah (berat tumpukan) : 1500 kg/m³
- Beton Bertulang : 2400 kg/m³
- Kayu kelas I : 1000 kg/m³
- Kerikil, Koral kondisi lembab : 1650 kg/m³
- Pasangan bata merah : 1700 kg/m³

- Pasangan batu belah : 2200 kg/m³
- Pasir jenuh air : 1800 kg/m³
- Pasir kerikil, koral kondisi lembab : 1850 kg/m³
- Tanah lempung dan lanau jenuh air : 2000 kg/m³

Komponen gedung :

- Adukan semen per cm tebal : 21 kg/m²
- Aspal per cm tebal : 14 kg/m²
- Dinding pasangan bata merah
 - Satu batu : 450 kg/m²
 - Setengah batu : 250 kg/m²
- Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso, beton tanpa adukan, per cm tebal : 24 kg/m²
- Langit-langit eternit 4 mm termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku : 11 kg/m²
- Penggantung langit-langit dari kayu dengan bentang max 5 meter dengan jarak s.k.s min 0,80 meter : 7 kg/m²
- Penutup atap genting dengan reng dan usuk per m² bidang atap : 50 kg/m²
- Penutup atap seng gelombang tanpa gording : 10 kg/m²
- Penutup atap asbes gelombang 5 mm tanpa gording : 11 kg/m²

2. Beban Hidup (L)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari

barang-barang yang dapat berpindah dan beban genangan maupun tekanan jatuh air hujan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau, bergerak. Apabila beban hidup memberikan pengaruh yang menguntungkan bagi struktur, maka pembebanan atau kombinasi pembebanan tersebut tidak boleh ditinjau. Besarnya beban hidup terbagi merata ekuivalen yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan gedung, pada umumnya dapat ditentukan berdasarkan standar yang berlaku. Beban hidup untuk bangunan gedung adalah :

Rumah tinggal	: 125 kg/m ²
Apartment	: 200 kg/m ²
Sekolah/Kantor/Hotel/Asrama/R.Sakit/Toko/Restoran	: 250 kg/m ²
Koridor, tangga/bordes	: 300 kg/m ²
Gd.Pertemuan/R. Pagelaran/R. Olah Raga/Masjid	: 400 kg/m ²
Panggung penonton dng penonton yang berdiri	: 500 kg/m ²
Ruang pelengkap	: 250 kg/m ²
Tangga/bordes	: 500 kg/m ²
Beban Perpustakaan/R.Arsip/Toko Buku/ Pabrik/Bengkel/	
Ruang ME/Gudang/Kluis ditentukan sendiri minimal	: 400 kg/m ²
Balkon yang menjorok bebas keluar	: 300 kg/m ²
Parkir, Heavy (Lantai Bawah)	: 800 kg/m ²
Parkir, Light	: 400 kg/m ²
Pot Kembang/Planter	: $h \times \gamma_{\text{soil}}$
Water Feature/Pool	: $hw \times \gamma_{\text{water}}$

Beban Lift (Berat Lift x Faktor Kejut) : $W_{lift} \times 2,0$

(W_{lift} dari konsultan ME)

Beban Eskalator (Berat Eskalator x Faktor Kejut) : $W_{esk} \times$
f.kejut

Faktor kejut bersifat lokal dapat diambil 1,1 - 1,5

(untuk disain keseluruhan tidak perlu dimasukkan)

Beban diatas roof :

Roof tank (q) : $q \text{ water/luasan}$

Chiller, Boiler, Cooling Tower

(Berat dari Konsultan ME)

Berhubung peluang terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian secara serempak selama umur gedung tersebut sangat kecil, maka beban hidup tersebut dianggap tidak efektif sepenuhnya, sehingga dapat dikalikan oleh koefisien reduksi seperti pada tabel di bawah ini.

Penggunaan Gedung	Koefisien Reduksi Beban Hidup	
	Perencanaan Balok	Untuk Peninjauan Gempa
Perumahan / Penghunian	0,75	0,3
Pendidikan	0,90	0,5
Pertemuan Umum	0,90	0,5

Kantor	0,60	0,3
Perdagangan	0,80	0,8
Penyimpanan	0,80	0,8
Industri	1,00	0,9
Tempat Kendaraan	0,90	0,5
Tangga :		
Perumahan / Penghunian	0,75	0,3
Pendidikan, kantor	0,75	0,5
Pertemuan Umum, Perdagangan, Penyimpanan, Industri, Tempat Kendaraan	0,90	0,5

Tabel 2.2 Koefisien Reduksi Beban Hidup

Untuk memperhitungkan peluang terjadinya beban hidup yang berubah-ubah, maka untuk perhitungan gaya aksial, jumlah komulatif beban hidup terbagi rata dapat dikalikan dengan koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada lantai yang dipikul seperti pada tabel di bawah ini. Untuk lantai gudang, arsip, perpustakaan, ruang penyimpanan lain sejenis dan ruang yang memikul beban berat yang bersifat tetap, beban hidup direncanakan penuh tanpa dikalikan koefisien reduksi. Pada

perencanaan pondasi, pengaruh beban hidup pada lantai yang menumpu di atas tanah harus turut ditinjau.

Jumlah Lantai yang Dipikul	Koefisien Reduksi yang Dikalikan Beban Hidup Kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8 dan Lebih	0,4

Tabel 2.3 Koefisien Reduksi Beban Hidup Kumulatif

3. Beban Angin (W)

Beban Angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (fan) tekanan negatif (hisap) yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau dalam satuan kg/m^2 . Tekanan tiup minimum 25 kg/m^2 , sedangkan khusus sejauh 5 km dari di tepi laut tekanan tiup minimum 40 kg/m^2 . Untuk daerah dekat laut atau daerah yang dapat menghasilkan tekanan tiup lebih dari 40 kg/m^2 , nilai

tekanan tiup (p) = $V^2/16$, dimana parameter V = kecepatan angin dalam m/detik.

4. Beban Gempa (E)

Beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa. Jika pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan analisis dinamik, maka beban gempa adalah gaya-gaya di dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa. *SNI 1726 tahun 2002 mengatur Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Standar menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Dalam *SNI 03-1726-2002, ditentukan jenis struktur gedung beraturan dan tidak beraturan*. Struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan, apabila memenuhi ketentuan antara lain sebagai berikut (pasal 4.2.1):

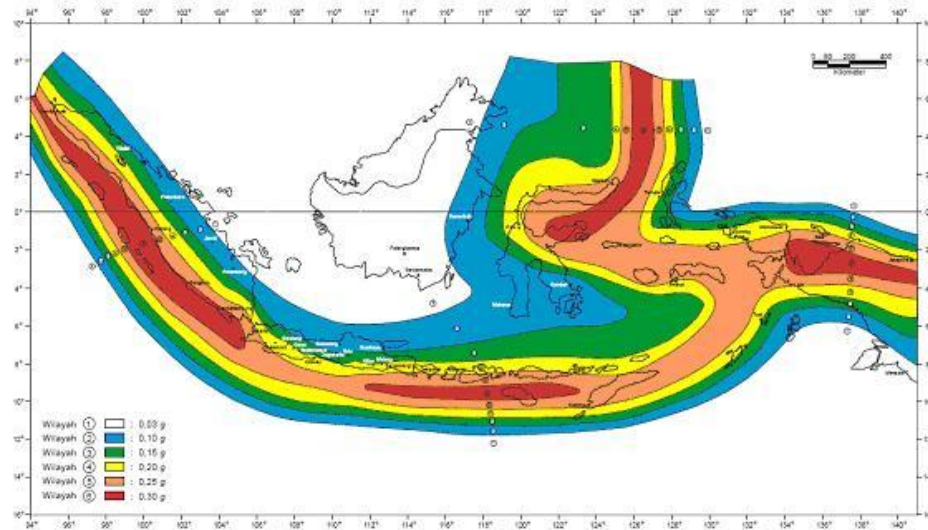
- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan, jika terdapat tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut, jika mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih

- dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
 - e. Sistem struktur gedung tidak menunjukkan loncatan bidang muka, jika terdapat loncatan bidang muka, ukuran dari denah struktur bagian gedung yang menjulang dalam masing – masing arah, tidak kurang dari 75% dari ukuran terbesar denah struktur bagian gedung sebelah bawahnya.
 - f. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak.
 - g. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai di atasnya atau di bawahnya.
 - h. Sistem struktur gedung memiliki unsur – unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
 - i. Sistem struktur gedung memiliki tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Kalaupun terdapat lantai tingkat dengan lubang atau bukaan,

jumlahnya tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Untuk struktur gedung beraturan pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen. Sedangkan menurut pasal 4.2.2, struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan pasal 4.2.1, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik.

Berdasarkan hasil pencatatan tentang gempa – gempa tektonik yang terjadi, Indonesia dilalui oleh dua dari tiga jalur gempa bumi, untuk itu perencanaan pembangunan gedung di Indonesia harus direncanakan dapat menahan beban gempa bumi, karena wilayah Semarang berada di Indonesia maka perencanaan pembangunan gedung direncanakan dapat menahan beban gempa bumi. Wilayah gempa di Indonesia terbagi dalam 6 wilayah. Wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian wilayah gempa didasarkan percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun. Wilayah Semarang termasuk dalam wilayah gempa/zona 2, dikategorikan sebagai wilayah gempa dengan kegempaan rendah. Jika dilihat digambar, seperti gambar dibawah ini.

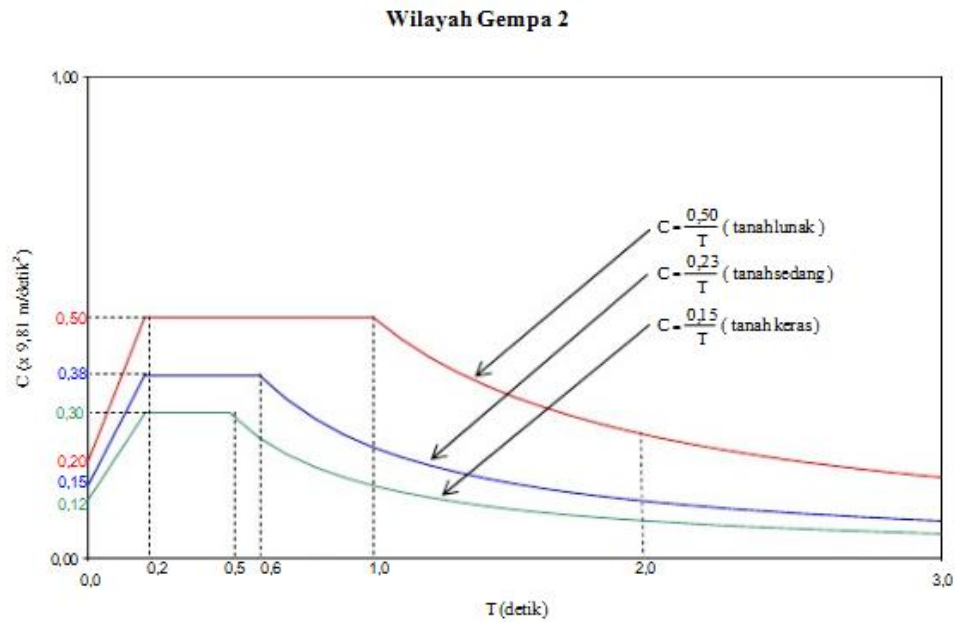


Gambar 2.7 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan

Puncak

Batuan Dasar Perioda Ulang 500 Tahun.

Untuk menentukan pengaruh gempa rencana pada struktur gedung, maka untuk masing – masing wilayah gempa ditetapkan spektrum respons gempa rencana C – T, dengan bentuk tipikal seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Bentuk Tipikal Spektrum Respon Gempa Rencana Wilayah Gempa 2.

Tabel di bawah ini merupakan penjelasan dari gambar 2.8, untuk respon spektrum gempa rencana untuk tiga kondisi tanah.

Periode Getar T (Detik)	Koefisien Gempa (C)		
	Tanah Lunak	Tanah Sedang	Tanah Keras
0,0	0,20	0,15	0,12
0,2	0,50	0,38	0,30
0,5	0,5	0,38	0,30
0,6	0,50	0,38	0,25

1,0	0,5	0,23	0,15
2,0	0,25	0,115	0,075
3,0	0,166	0,076	0,050

Tabel 2.4 Respon Spektrum Gempa Rencana untuk Tiga Kondisi Tanah

Untuk keperluan perhitungan struktur maka input beban gempa dinyatakan dalam nilai percepatan. A_0 adalah nilai percepatan gempa di permukaan tanah, A_m adalah percepatan maksimum ditetapkan sebesar 2,5 kali nilai A_0 , dan A_r dihitung sebagai $A_m \times T_c$ tersaji dalam tabel di bawah ini.

Wilayah Gempa	Percepatan Puncak Batuan Dasar (‘g’)	Percepatan Puncak Muka Tanah A_0 (‘g’)			
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	Tanah Khusus
1	0,03	0,04	0,05	0,08	Diperlukan elevasi khusus di setiap lokasi
2	0,10	0,12	0,15	0,20	
3	0,15	0,18	0,23	0,30	
4	0,20	0,24	0,28	0,34	
5	0,25	0,28	0,32	0,36	
6	0,30	0,33	0,36	0,38	

Tabel 2.5 Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak

Muka Tanah (SNI 03-1726-2002)

Wilayah Gempa	Tanah Keras $T_c = 0,5$ Detik		Tanah Sedang $T_c = 0,6$ Detik		Tanah Lunak $T_c = 1,0$ Detik	
	A_m	A_r	A_m	A_r	A_m	A_r
1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95

Tabel 2.6 Nilai Spektrum Respon Gempa Rencana (SNI 03-1726-2002)

Nilai faktor keutamaan (I) struktur dari bangunan gedung menyesuaikan dengan jenis kategori penggunaan gedung. Untuk gedung dengan kategori yang cukup penting yang akan sangat diperlukan kontinuitas penggunaan fungsinya atau yang bernilai cukup strategis maka nilai faktor keutamaan akan meningkat, seperti terlihat dalam tabel di bawah ini.

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan ($I = I_1 \times I_2$)		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0

Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat , fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk penyimpanan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,5	1,0	1,5

Tabel 2.7 Nilai Faktor Keutamaan (Pasal 4.1.2 SNI 03–1726–2002)

Nilai faktor reduksi gempa ditentukan berdasarkan tingkat daktilitas struktur dan jenis sistem struktur yang dipakai. Seperti terlihat dalam tabel di bawah ini.

Resiko Gempa	Jenis Struktur yang Dapat Dipakai (RSNI Beton 2002)	Faktor Modifikasi Respons (R)
Rendah (Wilayah 1 – 2)	Sistem Rangka Pemikul Momen: <ul style="list-style-type: none"> • SRPMB (Bab 3-20) • SRPMM (Ps.23.10) • SRPMK (Ps.23.3-23.5) 	3 – 3,5 5 – 5,5 8 – 8,5
	Sistem Dinding Struktural: <ul style="list-style-type: none"> • SDSB (Bab 3-20) • SDSK (Ps.23.6) 	4 – 4,5 5,5 – 6,5

Menengah (Wilayah 3 – 4)	Sistem Rangka Pemikul Momen: <ul style="list-style-type: none"> • SRPMM • SRPMK 	5 – 5,5 8 – 8,5
	Sistem Dinding Struktural: <ul style="list-style-type: none"> • SDSB • SDSK 	4 – 4,5 5,5 – 6,5
Tinggi (Wilayah 5 – 6)	Sistem Rangka Pemikul Momen: <ul style="list-style-type: none"> • SRPMK 	8 – 8,5
	Sistem Dinding Struktural: <ul style="list-style-type: none"> • SDSK 	5,5 – 6,5

Tabel 2.8 Faktor Modifikasi Respons untuk Sistem Struktur Beton Bertulang (Imran,2010)

Dari tabel 2.8 SRPM adalah kepanjangan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (sistem rangka ruang balok, kolom dan joint) dan SDS adalah kepanjangan dari Sistem Dinding Struktural (dinding yang diproporsikan menahan gaya dan momen). Akhiran huruf pada masing – masing sistem menyatakan sistem Biasa (B), Menengah (M) dan Khusus (K).

Pembangunan gedung PTIK UNNES direncanakan sebagai struktur gedung beraturan, sehingga pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen. Karena pembangunan gedung PTIK UNNES terletak di wilayah Semarang, dan wilayah Semarang termasuk wilayah gempa/zona 2 dikategorikan

sebagai wilayah dengan kegempaan rendah maka jenis struktur yang dipakai adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

Gambar di bawah ini merupakan contoh permodelan pembebanan pada bangunan gedung.



Gambar 2.9 Pembebanan pada Bangunan Gedung

2.5 Kombinasi Pembebanan untuk Metode Load Resistance Factor Design

Metode LFRD (Load Resistance Factor Design) merupakan metode perhitungan yang mengacu pada prosedur metode kekuatan batas (Ultimate strength method), dimana di dalam prosedur perhitungan digunakan dua faktor keamanan yang terpisah yaitu faktor beban (γ) dan faktor reduksi kekuatan bahan (ϕ). Kuat rencana setiap komponen struktur tidak boleh kurang dari kekuatan yang dibutuhkan yang ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan LFRD

$$R_u \leq \phi R_n$$

R_u = kekuatan yang dibutuhkan (LFRD)

R_n = kekuatan nominal

ϕ = faktor tahanan (< 1.0) (SNI: faktor reduksi)

Setiap kondisi beban mempunyai faktor beban yang berbeda yang memperhitungkan derajat uncertainty, sehingga dimungkinkan untuk mendapatkan reliabilitas seragam. Dengan kedua faktor ini, ketidakpastian yang berkaitan dengan masalah pembebanan dan masalah kekuatan bahan dapat diperhitungkan dengan lebih baik.

2.5.1 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Beton

Perencanaan komponen struktur beton bertulang mengikuti ketentuan semua komponen struktur harus direncanakan cukup kuat sesuai dengan ketentuan yang dipersyaratkan dalam *SNI 03-2847-2002 Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, dengan menggunakan metode faktor beban dan faktor reduksi kekuatan (LRFD). Struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan tata cara ini.

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,4 D \quad (1)$$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati D , beban hidup L , dan juga beban atap A atau beban hujan R , paling tidak harus sama dengan

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (2)$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L , dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar, yaitu:

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,6 W + 0,5 (A \text{ atau } R) \quad (3)$$

Faktor beban untuk W boleh dikurangi menjadi 1,3 bilamana beban angin W belum direduksi oleh faktor arah. Faktor beban untuk L boleh direduksi menjadi 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan yang beban hidup L -nya lebih besar daripada 500 kg/m². Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, yaitu:

$$U = 0,9 D \pm 1,6 W \quad (4)$$

Faktor beban untuk W boleh dikurangi menjadi 1,3 bilamana beban angin W belum direduksi oleh faktor arah. Perlu dicatat bahwa untuk setiap kombinasi beban D , L , dan W , kuat perlu U tidak boleh kurang dari persamaan 2.

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai:

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad (5)$$

Faktor beban untuk L boleh direduksi menjadi 0,5 kecuali untuk ruangan garasi, ruangan pertemuan, dan semua ruangan yang beban hidup L -nya lebih besar daripada 500 kg/m², atau

$$U = 0,9 D \pm 1,0 E \quad (6)$$

dalam hal ini nilai E ditetapkan berdasarkan ketentuan *SNI 03-1726-2003, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.*

2.5.2 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Struktur Baja

Berdasarkan *SNI 03 - 1729 - 2002, Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung* maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
3. $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma L. L \text{ atau } 0,8W)$
4. $1,2D + 1,3 W + \gamma L. L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
5. $1,2D \pm 1,0E + \gamma L. L$
6. $0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$

Keterangan:

- **D** : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.
- **L** : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.
- **L_a** : beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa

oleh orang dan benda bergerak.

- H : beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- W : beban angin.
- E : beban gempa.

dengan,

$\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa.

Kekecualian : Faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 3, 4, dan 5 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

2.6 Kombinasi Pembebanan untuk Desain Pondasi

Pada metode desain berdasarkan tegangan kerja (working stress design), kapasitas dukung aman ditentukan dari nilai ultimit kapasitas dukung tanah dibagi dengan faktor aman (S.F). Selain meninjau kapasitas dukung aman, perencana harus mempertimbangkan kondisi batas kemampulayanan agar tidak terlampaui. Pada saat kriteria penurunan mendominasi, tegangan tanah yang bekerja di bawah dasar pondasi dibatasi oleh nilai yang sesuai tentunya di bawah nilai kapasitas dukung aman, yang disebut dengan kapasitas dukung ijin tanah.

Kombinasi pembebanan untuk perhitungan pondasi:

- Pembebanan Tetap : DL + LL
- Pembebanan Sementara : DL + LL + E atau DL + LL + W

Pada peninjauan beban kerja pada tanah pondasi, maka untuk kombinasi pembebanan sementara, kapasitas dukung tanah yang diijinkan dapat dinaikkan menurut tabel di bawah ini:

Jenis Tanah Pondasi	Pembebanan Tetap qall (kg/cm²)	Faktor Kenaikan qall	Pembebanan Sementara qall (kg/cm²)
Keras	≥ 5	1,5	$\geq 7,5$
Sedang	2 – 5	1,3	2,6 – 6,5
Lunak	0,5 – 2	1 – 1,3	0,65 – 2,6
Amat Lunak	0 – 0,5	1	0 – 0,5

Tabel 2.9 Kapasitas Dukung Tanah yang Diiijinkan

Pada peninjauan beban kerja pada pondasi tiang untuk kombinasi pembebanan sementara, selama tegangan yang diijinkan di dalam tiang memenuhi syarat-syarat yang berlaku untuk bahan tiang, kapasitas dukung tiang yang diijinkan dapat dikalikan 1,5.

2.7 Acuan Awal Perencanaan

Untuk mempermudah pelaksanaan, sedapat mungkin ukuran kolom disamakan atau variasinya dibuat minimal dengan mutu beton dan jumlah tulangan yang diturunkan pada lantai yang lebih tinggi.

1. Ukuran balok beton

$$H = L/14 - L/12 \text{ (tanpa prestress), } L/24 \text{ (prestress) ; } B = H/2$$

2. Ukuran kolom beton

$$A_c = P_{tot} / 0,33 \cdot f'_c$$

Keterangan:

A_c = luas penampang kolom beton

P_{tot} = luas Tributari Area x Jumlah Lantai x Factored load

3. Ukuran pelat lantai

Untuk beban tipikal kantor dan apartment sebagai berikut:

- Biasa : $t_p = L/35$
- Flat slab : $t_p = L/25$
- Prestressed : $t_p = L/35 - L/45$

sedang untuk beban besar seperti parkir, taman dan public diasumsikan 1,2x nya.

4. Cost analysis

- Setiap disain harus diperiksa terhadap cost total struktur
- Pedoman nilai adalah sbb :

$$\text{Volume beton} = 0.25-0.4 \text{ m}^3 \text{ beton/m}^2 \text{ lantai}$$

$$\text{Berat baja} = 90-150 \text{ kg baja/m}^3 \text{ beton}$$

5. Sistem Struktur

Ada 2 macam sistem struktur sebagai berikut:

- Sistem struktur pemikul beban gravitasi meliputi slab, balok dan kolom.
- Sistem struktur pemikul beban lateral meliputi portal daktail (balok-kolom) dan shearwall.

P-delta effect perlu ditinjau karena wall cukup langsing ($h > 40$ meter) dan jumlah lantai > 10 tingkat.

6. Pemilihan sistem struktur

Pemilihan sistem struktur disesuaikan dengan jumlah lantai dan disajikan dalam tabel di bawah ini.

Jumlah Lantai			
1 – 3 Lantai	4 – 20 Lantai	15 – 30 Lantai	> 30 Lantai
Frame	Balok -	Wall - Slab	Core + Frame
Daktail	Kolom	Wall + Frame	Tube
Balok -	Wall - Slab	Core + Frame	
Kolom	Flat Slab	Braced + Frame	
Flat Slab	Braced Frame		

Tabel 2.10 Pemilihan Sistem Struktur

2.8. Spesifikasi Bahan Bangunan

Dalam suatu pekerjaan proyek faktor terpenting yang harus ada adalah material atau bahan-bahan bangunan yang mendukung berdirinya suatu bangunan. Material dengan mutu berkualitas akan menghasilkan bangunan yang berkualitas juga. Penghematan bahan bangunan juga harus dilakukan dalam rangka menghemat anggaran pembiayaan dalam suatu proyek.

Kekuatan dari suatu bangunan tidak hanya ditentukan oleh perhitungan pada saat perencanaan tetapi juga ditentukan oleh kualitas material yang akan digunakan. Material yang akan digunakan harus sesuai dengan standar dan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya agar diperoleh hasil sesuai yang direncanakan.

Bahan-bahan bangunan yang digunakan dalam pembangunan Gedung PTIK UNNES adalah bahan atau material yang dipergunakan dalam rangka mewujudkan bangunan yang diinginkan dan bahan tersebut berupa bahan konstruksi langsung maupun bahan-bahan konstruksi yang berfungsi sebagai bahan bantu.

Penyediaan bahan bangunan harus disesuaikan dengan kebutuhan bahan bangunan yang ada di lapangan sehingga dapat dihindari penyimpanan yang terlalu lama dari bahan bangunan agar kualitas mutu dari bahan bangunan yang akan digunakan dalam suatu proyek dapat terjaga dengan baik. Selain itu harus diperhatikan pula tentang cara penyimpanan bahan bangunan yang baik serta diperhatikan juga kemampuan daerah sendiri dalam mensuplai bahan bangunan yang dibutuhkan, agar didapat kemudahan dalam hal transportasinya menuju ke lokasi tempat proyek tersebut.

Penyediaan dan pemasaran bahan juga memerlukan syarat-syarat yang secara umum sudah ditetapkan dalam peraturan. Sebagai contoh untuk bahan beton, maka bahan harus memenuhi kriteria yang

ditetapkan dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 dan SKSNI 1991.

Pada sisi lain penyediaan bahan juga harus memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam: (1) Peraturan umum tentang pelaksanaan instalasi air minum serta instalasi pembuangan dan perusahaan air minum; (2) Pekerjaan kelistrikan juga harus memenuhi Peraturan Umum tentang Instalasi Listrik (PUIL) 1971; (3) Kebutuhan semen disesuaikan dengan Peraturan Cement Portland Indonesia, NI-8; (4) Pembebanan bangunan minimal harus disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1989; (5) Dan persyaratan-persyaratan lainnya.

Disisi lain penyediaan bahan juga harus sesuai dengan syarat-syarat yang telah disepakati dalam RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), mudah didapatkan dan dekat dengan lokasi proyek. Kesemuanya itu bertujuan untuk efisiensi waktu, biaya dan hasil dari proyek yang sedang dikerjakan. Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

2.8.1. Semen Portland/PC

Semen portland yang dipakai harus dari tipe I menurut Peraturan Semen Portland Indonesia 1972 (NI-8) atau. Semen harus sampai di tempat kerja dalam kantong-kantong semen asli pabrik serta dalam kondisi baik dan kering. Merk PC buatan dalam negeri seperti Semen Tiga Roda, Kujang, Gresik atau lainnya, dengan persetujuan Konsultan Pengawas. Semen harus disimpan di dalam gudang yang kering, tidak

lembab atau bocor bila hujan, dan ditumpuk di atas lantai yang bersih dan kering. Kantong-kantong semen tidak boleh ditumpuk lebih dari sepuluh lapis. Penyimpanan selalu terpisah untuk setiap periode pengiriman. Penyimpanan & pemakaian semen tidak boleh dicampur antara satu merk dengan lainnya.

2.8.2. Air

Air untuk campuran dan untuk pemeliharaan beton harus dari air bersih dan tidak mengandung zat yang dapat merusak beton. Air tersebut harus memenuhi syarat-syarat menurut PBI 1971 (NI-2) pasal 3.6. Apabila ada keraguan-raguan mengenai kualitas air, maka kontraktor diharuskan mengirim contoh air itu ke laboratorium pemeriksaan bahan-bahan yang diakui pemerintah untuk di periksa/diselidiki atas biaya kontraktor. Penentuan laboratorium oleh Konsultan Pengawas.

2.8.3. Pasir

Pasir yang digunakan harus pasir yang berbutir tajam dan keras. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh lebih besar dari 5 % Pasir harus memenuhi persyaratan.

2.8.4. Beton Ringan

Beton ringan harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak pembakarannya harus merata dan matang. Beton ringan tersebut ukurannya harus memenuhi persyaratan NI - 10 dan PUBB 1971 (NI -3). Beton ringan yang digunakan adalah batu bata tanah liat biasa, produksi

setempat ukuran nominal sesuai persetujuan Direksi. Ukuran batu bata harus seragam, sesuai AV. Kerusakan akibat pengangkutan tidak boleh melebihi 10 %. Bila ternyata persentase kerusakan diatas angka tersebut, maka pengiriman batu bata tersebut dibatalkan/tidak diterima.

2.8.5. Batu Belah

Batu yang dipilih berasal dari belahan Batu gunung yang akan digunakan untuk pondasi Batu Belah. Batu belah tersebut harus bersih dari kotoran, keras dan memenuhi persyaratan yang ada di PUBI 1971 (NI - 3).

2.8.6. Kerikil (Split)

Kerikil (split) yang digunakan berasal dari batu gunung yang dipecah. Ada dua cara pemecahan yaitu menggunakan manual (pecah tangan) dan pecah mesin. Kedua sistem pemecahan tersebut harus memenuhi persyaratan PUBB 1971 dan PBI 1971. Kerikil (split) harus cukup keras, bersih serta susunan butir gradasinya menurut kebutuhan.

2.5.7. Batu Bata (Bata Merah)

Bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak pembakarannya harus merata dan matang. Bata merah tersebut ukurannya harus memenuhi persyaratan NI - 10 dan PUBB 1971 (NI- 3). Ukuran batu bata harus seragam, sesuai gambar rencana Kerusakan akibat pengangkutan tidak boleh melebihi 20 %. Bila ternyata persentase

kerusakan diatas angka tersebut, maka pengiriman batu bata tersebut dibatalkan/tidak diterima.

2.8.8. Kayu

Kayu adalah bahan bangunan yang tidak pernah bisa dipisahkan dari pekerjaan proyek. Fungsi kayu dalam proyek ini ada berbagai macam, salah satunya adalah sebagai bekisting. Pada fungsi ini kayu yang digunakan adalah kring. Seluruh pekerjaan kayu harus mengikuti persyaratan dalam PKKI.

2.8.9. Baja Tulangan

- Besi tulangan yang dipakai harus dari baja mutu U-24 ($f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$) besi tulangan polos dan besi tulangan U-39 ($f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2$) tulangan berulir menurut PBI 1971 atau, kecuali disebutkan lain dalam Gambar Rencana.
- Bila besi tulangan oleh Konsultan Pengawas diragukan kualitasnya, harus diperiksakan di Lembaga Penelitian Bahan-bahan yang diakui pemerintah, atas biaya kontraktor.
- Ukuran besi tulangan tersebut harus sesuai dengan gambar. Penggantian dengan diameter lain, hanya diperkenankan atas persetujuan tertulis Konsultan Pengawas. Bila penggantian disetujui, maka luas penampang yang diperlukan tidak boleh kurang dari yang tersebut di dalam gambar atau perhitungan. Segala biaya yang diakibatkan oleh penggantian tulangan terhadap yang di gambar, adalah tanggungan kontraktor.

- Semua besi tulangan harus disimpan ditempat yang terlindung dan bebas lembab, dipisahkan sesuai diameter, mutu baja serta asal pembelian. Semua baja tulangan harus dibersihkan terhadap segala macam kotoran, lemak serta karat.

2.8.10. Bahan Campuran Tambahan (Admixture)

- Pemakaian bahan tambahan kimiawi (concrete admixture) kecuali yang disebut tegas dalam gambar atau persyaratan harus seijin tertulis dari Konsultan Pengawas, untuk mana kontraktor harus mengajukan permohonan tertulis. Kontraktor harus mengajukan merk dan tipe serta bukti penggunaan selama 5 tahun di sekitar lokasi pembangunan ini.
- Bahan tambahan yang mempercepat pengerasan permulaan (initial set) tidak boleh dipakai, sedangkan untuk beton kedap air di bawah tanah tidak boleh digunakan waterproofer yang mengandung garam-garam yang bersifat racun (toxin).
- Bahan campuran tambahan untuk memperlambat initialset "retarder" hanya boleh digunakan dengan ijin tertulis dari Konsultan Pengawas berdasarkan hasil uji dari laboratorium bahan-bahan yang diakui pemerintah.
- Dosis dan cara penggunaannya harus sesuai dengan petunjuk teknis dari pabrik.
- Pemakaian admixture tidak boleh menyebabkan dikurangnya kadar semen dalam adukan.

2.9. Analisa dan Desain

Seperti yang telah dijelaskan diatas, bahwa pembahasan dari Tugas Akhir ini berfokus pada perencanaan struktur atas. Untuk menghitung struktur atas terhadap kombinasi pembebanan atap (pembebnana gravitasi) dan pembebanan gravitasi sementara (pembebanan gempa).

Analisi atas serta desainnya pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan bantuan program computer (*software computer*). Program tersebut antara lain :

- a. SAP 2000 Versi 10 : Digunakan pada analisa struktur
- b. Auto Cad 2004 : Digunakan untuk menggambar
- c. Microsoft Excel : Digunakan untuk perhitungan manual dan RAB

Pada pendesaian struktur atas, perlu dilakukan desain struktur atas terhadap kombinasi pembebanan gravitasi agar dihasilkan setiap elemen penyusun struktur atas memenuhi kapasitas dalam melayani dan menyalurkan beban. Desain ini dilakukan agar gaya-gaya akibat kombinasi pembebanan sementara (kombinsai yangmemperhitungkan pengaruh pembebanan gempa) yang terjadi pada tumpuan sesuai dengan yang direncanakan.

BAB III

PERENCANAAN ATAP

3.1 Perencanaan Atap

Atap merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Bentuk atap berpengaruh terhadap keindahan suatu bangunan dan pemilihan tipe atap hendaknya disesuaikan dengan iklim setempat, tampak yang dikehendaki oleh arsitek, biaya yang tersedia, dan material yang mudah didapat. Konstruksi rangka atap yang digunakan adalah rangka atap kuda – kuda. Rangka atap kuda – kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendiri dan sekaligus memberikan bentuk pada atap. Pada dasarnya konstruksi kuda – kuda terdiri dari rangkaian batang yang membentuk segitiga, dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan penutup atap, maka konstruksi kuda – kuda akan berbeda satu sama lain. Setiap susunan rangka batang haruslah merupakan satu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang bekerja padanya tanpa mengalami perubahan. Beban – beban tersebut antara lain beban hidup yang berasal dari berat pekerja, beban mati yang berasal dari berat kuda – kuda dan beban angin. Struktur rangka atap kuda – kuda direncanakan menggunakan baja profil double siku, gording direncanakan

menggunakan baja profil light lip channels, usuk dan reng direncanakan menggunakan kayu kelas kuat I dan genteng direncanakan menggunakan genteng beton atau onduvilla.

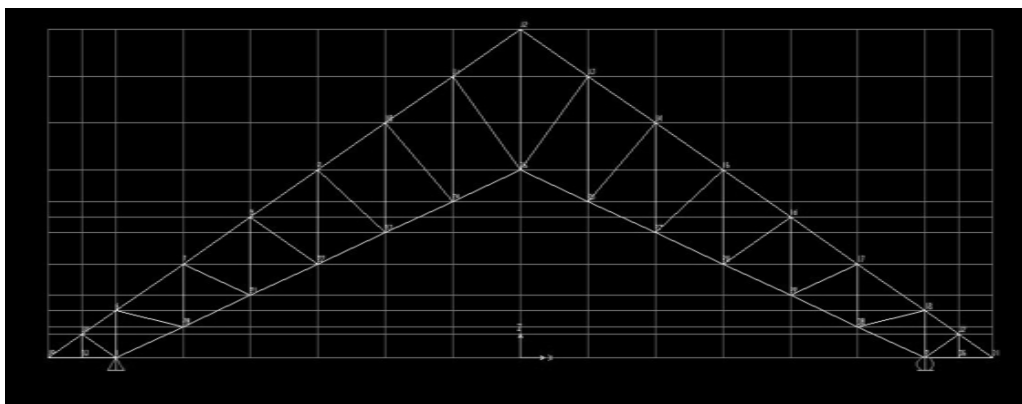
3.2 Data Teknis Perencanaan Struktur Atap

- Bentang kuda – kuda (L) : 18 m
- Tinggi kuda – kuda (h) : 7.35 m
- Jarak kuda – kuda (Jk) : 4,50 m
- Jarak gording (Jg) : 1.40 m
- Jarak usuk (Ju) : 50 cm
- Jarak reng (Jr) : 25 cm
- Kemiringan atap (α) : 35°
- Penutup atap : Genteng beton atau onduvilla
- Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m^2
- Mutu baja profil : Bj 37
- Tegangan baja (σ) : 1600 kg/cm^2
- Modulus elastisitas baja (E) : $2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Spesifikasi kuda – kuda
 - Kuda – kuda : 2L.60.60.6
 - Berat (Wkk) : 5,42 kg/m
 - $W_x = W_y$: 5,29 cm³
 - $I_x = I_y$: 22,8 cm⁴
 - $i_x = i_y$: 2,09 cm

➤ Spesifikasi Gording

- Gording : C 125.50.20.4,0
 - Berat (Wgd) : 7,50 kg/m
 - W_x : 34,7 cm³
 - W_y : 9,38 cm³
 - I_x : 217 cm⁴
 - I_y : 33,1 cm⁴
 - i_x : 4,77 cm
 - i_y : 1,81 cm
- Reng dan usuk : kayu kelas kuat I
- Tegangan lentur kayu (σ_t) : 150 kg/cm² (kayu kelas kuat I)
- Modulus kenyal kayu (E) : 125000 kg/cm² (kayu kelas kuat I)
- Beban pekerja (P) : 100 kg
- Tekanan angin pegunungan (Wang) : 25 kg/m²
- Berat plafon & penggantung (Wpf) : 18 kg/m²

Rencana kuda – kuda



Gambar 3.1 Rencana Kuda – Kuda

3.3 Perencanaan Reng

1. Pembebanan reng

➤ Berat genteng beton (W_{gb}) : 50 kg/m^2

➤ Jarak reng (J_r) : 25 cm

➤ Jarak usuk (J_u) : 50 cm

➤ Kemiringan atap (α) : 35°

$$\begin{aligned} \text{Beban pada reng } (q_r) &= W_{gb} \cdot J_r \\ &= 50 \cdot 0,25 \\ &= 12,5 \text{ kg/m} \\ &= 12,5 \times 10^{-2} \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

2. Momen yang terjadi pada reng

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } M_x &= 1/8 \cdot q_r \cdot \cos \alpha \cdot (J_u)^2 \\ &= 1/8 \cdot 12,5 \cdot \cos 35^\circ \cdot 0,5^2 \\ &= 0.139 \text{ kgm} \\ &= 13.9 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ } M_y &= 1/8 \cdot q_r \cdot \sin \alpha \cdot (J_u)^2 \\ &= 1/8 \cdot 12,5 \cdot \sin 35^\circ \cdot 0,5^2 \\ &= 0.124 \text{ kgm} \\ &= 12.4 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

3. Pendimensian reng

Dimensi reng dimisalkan $b = 2/3h$

b = lebar reng (cm)

h = tinggi reng (cm)

- $W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2$
 $= 1/6 \cdot 2/3h \cdot h^2$
 $= 1/9 h^3$
- $W_y = 1/6 \cdot b^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot (2/3h)^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot 4/9 h^2 \cdot h$
 $= 2/27h^3$

- $\sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$
 $150 = \frac{13.9}{\frac{1}{9} h^3} + \frac{12.4}{\frac{2}{27} h^3}$
 $150 = \frac{125.1}{h^3} + \frac{167.4}{h^3}$
 $150 = \frac{292.5}{h^3}$

$$h^3 = \frac{292.5}{150}$$

$$h^3 = 1.95$$

$$h = 0.65 \text{ cm}$$

$$h \approx 3 \text{ cm}$$

Jadi tinggi reng (h) dipakai kayu ukuran 3 cm, maka:

$$b = 2/3h$$

$$b = 2/3 \cdot 3$$

$$b = 2 \text{ cm}$$

Jadi dipakai reng dengan dimensi 2/3 cm

4. Kontrol lendutan pada reng

- $f_{ijin} = 1/200 \cdot Ju$
 $= 1/200 \cdot 50$
 $= 0,25 \text{ cm}$
- $I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3$
 $= 1/12 \cdot 2 \cdot 3^3$
 $= 4,5 \text{ cm}^4$
- $I_y = 1/12 \cdot b^3 \cdot h$
 $= 1/12 \cdot 2^3 \cdot 3$
 $= 2 \text{ cm}^4$
- $f_x = \frac{5 \cdot q_r \cdot \cos\alpha \cdot Ju^4}{384 \cdot E \cdot I_x}$
 $= \frac{5 \cdot 12,5 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 35^\circ \cdot 50^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 4,5}$
 $= 0,014 \text{ cm}$
- $f_y = \frac{5 \cdot q_r \cdot \sin\alpha \cdot Ju^4}{384 \cdot E \cdot I_y}$
 $= \frac{5 \cdot 12,5 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 35^\circ \cdot 50^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 2}$
 $= 0,023 \text{ cm}$
- $f_{max} = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$
 $= \sqrt{(0,014)^2 + (0,023)^2}$
 $= 0,026 \text{ cm}$

Syarat $f_{max} \leq f_{ijin}$

$$0,026 \text{ cm} \leq 0,25 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol tegangan pada reng

$$\begin{aligned}\sigma_{ytb} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{13.9}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{12.4}{\frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h} \\ &= \frac{13.9}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3^2} + \frac{12.4}{\frac{1}{6} \cdot 2^2 \cdot 3} \\ &= 4,63 + 2,06 \\ &= 6,69 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{lt}$

$$6,69 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi reng kayu dengan dimensi 2/3 cm aman dipakai

3.4 Perencanaan Usuk

1. Pembebanan usuk

- Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m²
- Jarak usuk (Ju) : 50 cm
- Jarak gording (Jg) : 1,40 m
- Beban pekerja (P) : 100 kg
- Tekanan angin pegunungan (Wang) : 25 kg/m²
- Kemiringan atap (α) : 35°

Beban pada usuk (q_u) = Wgb . Ju

$$= 50 \cdot 0,5$$

$$= 25 \text{ kg/m} \approx 25 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

$$\begin{aligned}
 q_x &= q_u \cdot \cos\alpha \\
 &= 25 \cdot \cos 35^\circ \\
 &= 20,47 \text{ kg/m} \\
 &= 20,47 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_y &= q_u \cdot \sin\alpha \\
 &= 25 \cdot \sin 35^\circ \\
 &= 14,33 \text{ kg/m} \\
 &= 14,33 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_x &= P \cdot \cos\alpha \\
 &= 100 \cdot \cos 35^\circ \\
 &= 81,91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_y &= P \cdot \sin\alpha \\
 &= 100 \cdot \sin 35^\circ \\
 &= 57,35 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Momen yang terjadi pada usuk

a. Momen akibat beban mati

- $M_{x_{DL}} = 1/8 \cdot q_u \cdot \cos\alpha \cdot (Jg)^2$

$$\begin{aligned}
 &= 1/8 \cdot 25 \cdot \cos 35^\circ \cdot (1,40)^2 \\
 &= 5,017 \text{ kgm} \\
 &= 501,7 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

- $M_{y_{DL}} = 1/8 \cdot q_u \cdot \sin\alpha \cdot (Jg)^2$

$$\begin{aligned}
 &= 1/8 \cdot 25 \cdot \sin 35^\circ \cdot (1,40)^2 \\
 &= 3,513 \text{ kgm} \approx 351,3 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

b. Momen akibat beban hidup karena beban pekerja

- $M_{xLL} = 1/4 \cdot P \cdot \cos \alpha \cdot Jg$
 $= 1/4 \cdot 100 \cdot \cos 35^\circ \cdot 1,40$
 $= 28,67 \text{ kgm}$
 $= 2867 \text{ kgcm}$

- $M_{yLL} = 1/4 \cdot P \cdot \sin \alpha \cdot Jg$
 $= 1/4 \cdot 100 \cdot \sin 35^\circ \cdot 1,40$
 $= 20,07 \text{ kgm}$
 $= 2007 \text{ kgcm}$

c. Momen akibat beban angin

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin tekan = $(+0,02\alpha - 0,4)$, dimana $\alpha = 35^\circ$

- $W_{atkn} = (+0,02\alpha - 0,4) \cdot W_{ang} \cdot J_u$
 $= ((+0,02 \cdot 30^\circ) - 0,4) \cdot 25 \cdot 0,5$
 $= + 2,5 \text{ kgm}$

Momen yang terjadi akibat beban angin tekan:

$$M_{atkn} = 1/8 \cdot W_{atkn} \cdot (Jg)^2$$

$$= 1/8 \cdot (+2,5) \cdot (1,40)^2$$

$$= +0,61 \text{ kgm}$$

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap pada sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$

- $$W_{ahsp} = (-0,4) \cdot W_{ang} \cdot J_u$$

$$= (-0,4) \cdot 25 \cdot 0,5$$

$$= -5 \text{ kgm}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin hisap:

$$M_{ahsp} = 1/8 \cdot W_{ahsp} \cdot (J_g)^2$$

$$= 1/8 \cdot (-5) \cdot (1,40)^2$$

$$= -1,22 \text{ kgm}$$

Momen (M)	Momen Beban Mati (M_{DL})	Momen Beban Hidup (M_{LL})	Momen Beban Angin Tekan (M_{atkn})	Momen Beban Angin Hisap (M_{ahsp})	Momen Tetap (M_{DL}+ M_{LL})	Momen Sementa ra (M_{DL}+ M_{LL}) +M_{atkn}
M_x (kgm)	5,017	28,67	+0,61	-1,22	33,687	34,297
M_y (kgm)	3,513	20,07	0	0	23,583	24,193

Tabel 3.1 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Usuk

3. Pendimensian usuk

Dimensi usuk dimisalkan $b = 2/3h$

b = lebar usuk (cm)

h = tinggi usuk (cm)

- $W_x = 1/6 \cdot b \cdot h^2$
 $= 1/6 \cdot 2/3h \cdot h^2$
 $= 1/9 h^3$

- $W_y = 1/6 \cdot b^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot (2/3h)^2 \cdot h$
 $= 1/6 \cdot 4/9 h^2 \cdot h$
 $= 2/27h^3$

- $\sigma_{lt} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$

$$150 = \frac{3429,7}{\frac{1}{9}h^3} + \frac{2419,3}{\frac{2}{27}h^3}$$

$$150 = \frac{30867,3}{h^3} + \frac{32660,5}{h^3}$$

$$150 = \frac{63527,8}{h^3}$$

$$h^3 = \frac{63527,8}{150}$$

$$h^3 = 423,51$$

$$h = 4,23 \text{ cm}$$

$$h \approx 7 \text{ cm}$$

Jadi tinggi reng (h) dipakai kayu ukuran 7 cm, maka:

$$b = 2/3h$$

$$b = 2/3 \cdot 7$$

$$b = 4,66 \text{ cm}$$

$$b \approx 5 \text{ cm}$$

Jadi dipakai reng dengan dimensi 5/7 cm

4. Kontrol lendutan pada usuk

- $f_{ijin} = 1/200 \cdot Jg$
 $= 1/200 \cdot 140$
 $= 0,70 \text{ cm}$
- $I_x = 1/12 \cdot b \cdot h^3$
 $= 1/12 \cdot 5 \cdot 7^3$
 $= 142,91 \text{ cm}^4$
- $I_y = 1/12 \cdot b^3 \cdot h$
 $= 1/12 \cdot 5^3 \cdot 7$
 $= 72,91 \text{ cm}^4$
- $f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot \cos\alpha \cdot Jg^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_x \cdot \cos\alpha \cdot Jg^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$
 $= \frac{5 \cdot 20,47 \cdot 10^{-2} \cdot \cos 35^\circ \cdot 140^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 143} + \frac{81,91 \cdot \cos 35^\circ \cdot 140^3}{48 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 143}$
 $= 0,047 + 0,214$
 $= 0,26 \text{ cm}$
- $f_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot \sin\alpha \cdot Jg^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_y \cdot \sin\alpha \cdot Jg^3}{48 \cdot E \cdot I_y}$
 $= \frac{5 \cdot 14,33 \cdot 10^{-2} \cdot \sin 35^\circ \cdot 140^4}{384 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 73} + \frac{57,35 \cdot \sin 35^\circ \cdot 140^3}{48 \cdot 125 \cdot 10^3 \cdot 73}$
 $= 0,045 + 0,20$
 $= 0,25 \text{ cm}$
- $f_{max} = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2}$
 $= \sqrt{(0,26)^2 + (0,25)^2}$
 $= 0,35 \text{ cm}$

$$\text{Syarat } f_{\max} \leq f_{\text{ijin}}$$

$$0,35 \text{ cm} \leq 0,84 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

5. Kontrol tegangan pada usuk

$$\begin{aligned} \sigma_{ytb} &= \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ &= \frac{34,297}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} + \frac{24,193}{\frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h} \\ &= \frac{34,297}{\frac{1}{6} \cdot 2 \cdot 3^2} + \frac{24,193}{\frac{1}{6} \cdot 2^2 \cdot 3} \\ &= 11,43 + 12,09 \\ &= 23,52 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \sigma_{ytb} \leq \sigma_{\text{It}}$$

$$23,52 \text{ kg/cm}^2 \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi usuk kayu dengan dimensi 6/8 cm aman dipakai

3.5 Perencanaan Gording

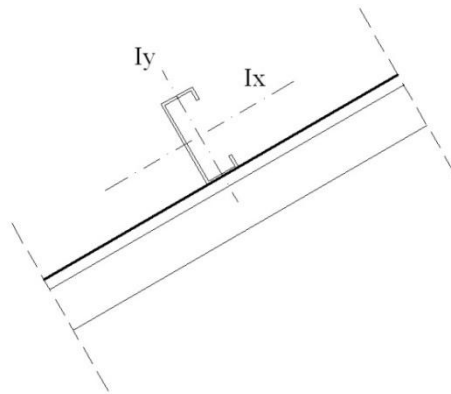
1. Pembebanan gording

- Berat genteng beton (Wgb) : 50 kg/m²
- Jarak kuda – kuda (Jk) : 4,5 m
- Jarak gording (Jg) : 1,40 m
- Kemiringan atap (α) : 35°

➤ Spesifikasi Gording

- Gording : C 125.50.20.4,0
- Berat (Wgd) : 7,50 kg/m

- W_x : 34,7 cm³
- W_y : 9,38 cm³
- I_x : 217 cm⁴
- I_y : 33,1 cm⁴
- i_x : 4,77 cm
- i_y : 1,81 cm



Gambar 3.2 Perencanaan Gording

- Beban pada gording (q_{g1}) = $W_{gb} \cdot J_g$

$$= 50 \cdot 1,40$$

$$= 70 \text{ kg/m}$$

$$= 70 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$
- Beban pada gording (q_g) = $W_{gd} + q_{g1}$

$$= 7,50 + 70$$

$$= 77,50 \text{ kg/m}$$

$$= 77,50 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$
- Beban bracing (q_b) = $10\% \cdot q_g$

$$= 10\% \cdot 77,50$$

$$= 7,75 \text{ kg/m}$$

$$= 7,75 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

- Beban total pada gording (q_{gtot}) = $q_g + q_b$

$$= 77,50 + 7,75$$

$$= 85,25 \text{ kg/m}$$

$$= 85,25 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

- $q_x = q_{\text{gtot}} \cdot \cos\alpha$

$$= 85,25 \cdot \cos 35^\circ$$

$$= 69,83 \text{ kg/m}$$

$$= 69,83 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

- $q_y = q_{\text{gtot}} \cdot \sin\alpha$

$$= 85,25 \cdot \sin 35^\circ$$

$$= 48,89 \text{ kg/m}$$

$$= 48,89 \times 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

- $P_x = P \cdot \cos\alpha$

$$= 100 \cdot \cos 35^\circ$$

$$= 81,915 \text{ kg}$$

- $P_y = P \cdot \sin\alpha$

$$= 100 \cdot \sin 35^\circ$$

$$= 57,357 \text{ kg}$$

2. Momen yang terjadi pada gording

a. Momen akibat beban mati

- $M_{X_{DL}} = 1/8 \cdot q_{\text{gtot}} \cdot \cos\alpha \cdot (Jk)^2$

$$= 1/8 \cdot 85,25 \cdot \cos 35^\circ \cdot (4,5)^2$$

$$= 176,76 \text{ kgm} \approx 17676 \text{ kgcm}$$

- $M_{yDL} = 1/8 \cdot q_{\text{tot}} \cdot \sin \alpha \cdot (Jk/2)^2$

$$= 1/8 \cdot 85,25 \cdot \sin 35^\circ \cdot (4,5/2)^2$$

$$= 30,94 \text{ kgm}$$

$$= 3094 \text{ kgcm}$$

b. Momen akibat beban hidup karena beban pekerja

- $M_{xLL} = 1/4 \cdot P \cdot \cos \alpha \cdot Jk$

$$= 1/4 \cdot 100 \cdot \cos 35^\circ \cdot 4,5$$

$$= 92,15 \text{ kgm}$$

$$= 9215 \text{ kgcm}$$

- $M_{yLL} = 1/4 \cdot P \cdot \sin \alpha \cdot Jk/2$

$$= 1/4 \cdot 100 \cdot \sin 35^\circ \cdot 4,5/2$$

$$= 32,26 \text{ kgm}$$

$$= 3226 \text{ kgcm}$$

c. Momen akibat beban angin

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin tekan = $(+0,02\alpha - 0,4)$, dimana $\alpha = 35^\circ$

- $W_{\text{atkn}} = (+0,02\alpha - 0,4) \cdot W_{\text{ang}} \cdot Jg$

$$= ((+0,02 \cdot 35^\circ) - 0,4) \cdot 25 \cdot 1,40$$

$$= + 10,5 \text{ kgm}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin tekan:

$$M_{\text{atkn}} = 1/8 \cdot W_{\text{atkn}} \cdot (Jk)^2$$

$$= 1/8 \cdot (+10,5) \cdot (4,5)^2$$

$$= +26,57 \text{ kgm}$$

Menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap pada sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$

- $$W_{ahsp} = (-0,4) \cdot W_{ang} \cdot J_g$$

$$= (-0,4) \cdot 25 \cdot 1,40$$

$$= -14 \text{ kgm}$$

Momen yang terjadi akibat beban angin hisap:

$$M_{ahsp} = 1/8 \cdot W_{ahsp} \cdot (J_k)^2$$

$$= 1/8 \cdot (-14) \cdot (4,5)^2$$

$$= -35,43 \text{ kgm}$$

Momen (M)	Momen Beban Mati (M_{DL})	Momen Beban Hidup (M_{LL})	Momen Beban Angin Tekan (M_{atkn})	Momen Beban Angin Hisap (M_{ahsp})	Momen Tetap ($M_{DL} + M_{LL}$)	Momen Sementara ($M_{DL} + M_{LL} + M_{atkn}$)
Mx (kgm)	176,76	92,15	+26,57	-35,43	268,91	295,48
My (kgm)	30,94	32,26	0	0	63,20	63,20

Tabel 3.2 Kombinasi Momen yang Terjadi pada Gording

3. Kontrol tegangan pada gording

$$\sigma_{ytb} = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{29548}{34,7} + \frac{6320}{9,38} \\
 &= 851,52 + 673,77 \\
 &= 1525,29 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{ytb} \leq \sigma_{tkn}$

$$1525,52 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

4. Kontrol lendutan pada gording

Syarat – syarat lendutan maksimum berdasarkan PPBGI 1987 sebagai berikut:

No	Kondisi Pembebanan	Lendutan max
1	DL+LL	Jk/250
2	LL	Jk/500
3		25 mm

Tabel 3.3 Syarat – Syarat Lendutan

a. Check terhadap syarat 1

- $f_{ijin} = Jk/250$
 $= 450/250$
 $= 1,8 \text{ cm}$

- $f_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot Jk^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{P_x \cdot Jk^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$
 $= \frac{5 \cdot 69,83 \cdot 10^{-2} \cdot 450^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 217} + \frac{81,915 \cdot 450^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 217}$
 $= 0,81 + 0,34$
 $= 1,15 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_y &= \frac{5 \cdot q_y \cdot (Jk/2)^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{P_y \cdot (Jk/2)^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \\ &= \frac{5 \cdot 48,89 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{450}{2}\right)^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,1} + \frac{57,35 \cdot \left(\frac{450}{2}\right)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,1} \end{aligned}$$

$$= 0,23 + 0,19$$

$$= 0,42 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{\max} &= \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} \\ &= \sqrt{(1,15)^2 + (0,42)^2} \\ &= 1,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat $f_{\max} \leq f_{ijin}$

$$1,22 \text{ cm} \leq 1,8 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

b. Check terhadap syarat 2

$$\begin{aligned} \bullet \quad \delta_{ijin} &= Jk/500 \\ &= 450/500 \\ &= 0,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \delta_x &= \frac{P \cdot \sin \alpha \cdot (Jk/2)^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \\ &= \frac{100 \cdot \sin 35^\circ \cdot (450/2)^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 33,1} \\ &= 0,19 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad \delta_y &= \frac{P \cdot \cos \alpha \cdot Jk^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \\ &= \frac{100 \cdot \cos 35^\circ \cdot 450^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 217} \\ &= 0,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \delta_{\max} &= \sqrt{(\delta x)^2 + (\delta y)^2} \\
 &= \sqrt{(0,19)^2 + (0,34)^2} \\
 &= 0,38 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \delta_{\max} \leq \delta_{\text{ijin}}$$

$$0,38 \text{ cm} \leq 0,9 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

c. Check terhadap syarat 3

$$\begin{aligned}
 \delta_{\max} &= \sqrt{(\delta x)^2 + (\delta y)^2} \\
 &= \sqrt{(0,19)^2 + (0,34)^2} \\
 &= 0,38 \text{ cm} \\
 &= 3,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \delta_{\max} \leq 25 \text{ mm}$$

$$3,8 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Jadi baja profil light lip channels 125.50.20.4,0 memenuhi syarat tegangan dan lendutan, maka dapat digunakan sebagai gording.

3.6 Perencanaan Pembebanan pada Kuda – Kuda

a. Analisa pembebanan akibat beban mati (DL) pada titik buhul

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \text{Beban atap } (q_a) &= Jg \cdot W_{gb} \cdot Jk \\
 &= 1,40 \cdot 50 \cdot 4,5 \\
 &= 315 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad \text{Beban gording } (q_g) &= W_{gd} \cdot Jk \\
 &= 7,50 \cdot 4,5 \\
 &= 33,75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat kuda – kuda asumsi (q_k) = $Jk \cdot \text{Bentang kuda – kuda} \cdot 2W_{kk}$
 $= 4,5 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 7,38$
 $= 99,63 \text{ kg}$
- Berat plafond & penggantung (q_{pf}) = $W_{pf} \cdot Jk \cdot \text{Bentang kuda-kuda}$
 $= 18 \cdot 4,5 \cdot 1,5$
 $= 121,5 \text{ kg}$
- $q_{tot} = q_a + q_g + q_k + q_{pf}$
 $= 315 + 33,75 + 99,63 + 121,5$
 $= 569,88 \text{ kg}$
- Berat braching (q_b) = $10\% \cdot q_{tot}$
 $= 10\% \cdot 569,88$
 $= 56,988 \text{ kg}$
- Beban Mati (DL) = $q_{tot} + q_b$
 $= 569,88 + 56,98$
 $= 626,86 \text{ kg} \approx 630 \text{ kg}$

b. Analisa pembebanan akibat beban hidup (LL) pada atap

Menurut PMI pasal 3.2.(3) beban hidup pada atap adalah 100 kg

Beban hidup (LL) = 100 kg

$$= 1 \text{ KN}$$

c. Analisa pembebanan akibat tekanan angin (W)

Tekanan angin gunung (W_{ang}) = 25 kg/m^2 , menurut PMI 1970 pasal

4.3.b koefisien angin tekan dengan sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ =$

$(+0,02\alpha - 0,4)$, dimana $\alpha = 35^\circ$

- Koefisien tekanan angin tekan (c_1) $= (+0,02\alpha - 0,4)$
 $= ((+0,02 \cdot 35^\circ) - 0,4)$
 $= 0,3$
- Angin tekan (W_{tkn}) $= W_{ang} \cdot c_1 \cdot J_g \cdot J_k$
 $= 25 \cdot 0,3 \cdot 1,4 \cdot 4,5$
 $= 47,25 \text{ kg}$

Proyeksi beban angin tekan (untuk data input SAP pada sudut 35°) sebagai berikut:

- Arah x $= W_{tkn} \cdot \cos\alpha$
 $= 47,25 \cdot \cos 35^\circ$
 $= 38,70 \text{ kg}$
- Arah z $= W_{tkn} \cdot \sin\alpha$
 $= 47,25 \cdot \sin 35^\circ$
 $= 27,10 \text{ kg}$

menurut PMI 1970 pasal 4.3.b koefisien angin hisap dengan sudut kemiringan $\alpha < 65^\circ = (-0,4)$, dimana $\alpha = 35^\circ$

- Koefisien angin hisap (c_2) $= -0,4$
- Angin hisap (W_{hsp}) $= W_{ang} \cdot c_2 \cdot J_g \cdot J_k$
 $= 25 \cdot (-0,4) \cdot 1,4 \cdot 4,5$
 $= -63 \text{ kg}$

Proyeksi beban angin tekan (untuk data input SAP pada sudut 35°) sebagai berikut:

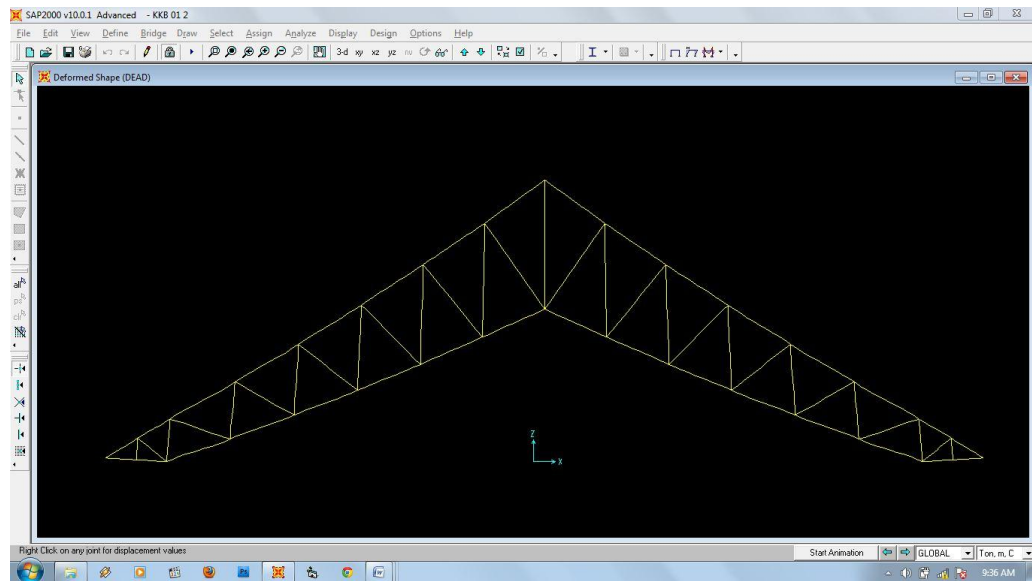
- Arah x = $Whsp \cdot \cos\alpha$
 $= (-63) \cdot \cos 35^\circ$
 $= -51,60 \text{ kg}$
- Arah z = $Whsp \cdot \sin\alpha$
 $= (-63) \cdot \sin 35^\circ$
 $= -36,13 \text{ kg}$

3.7 Desain Kuda-Kuda

Perhitungan mekanika dilakukan untuk mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda. Setelah mengetahui berat beban mati, beban hidup dan beban angin langkah selanjutnya adalah menganalisis pembebanan melalui program SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program), agar dapat mengetahui reaksi pembebanan yang terjadi dikuda – kuda, serta dapat mengetahui besarnya gaya batang. Hasil analisis perhitungan mekanika melalui SAP 2000 v10 (Structur Analysis Program) dapat dilihat dilampiran Tugas Akhir ini. Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai berikut:

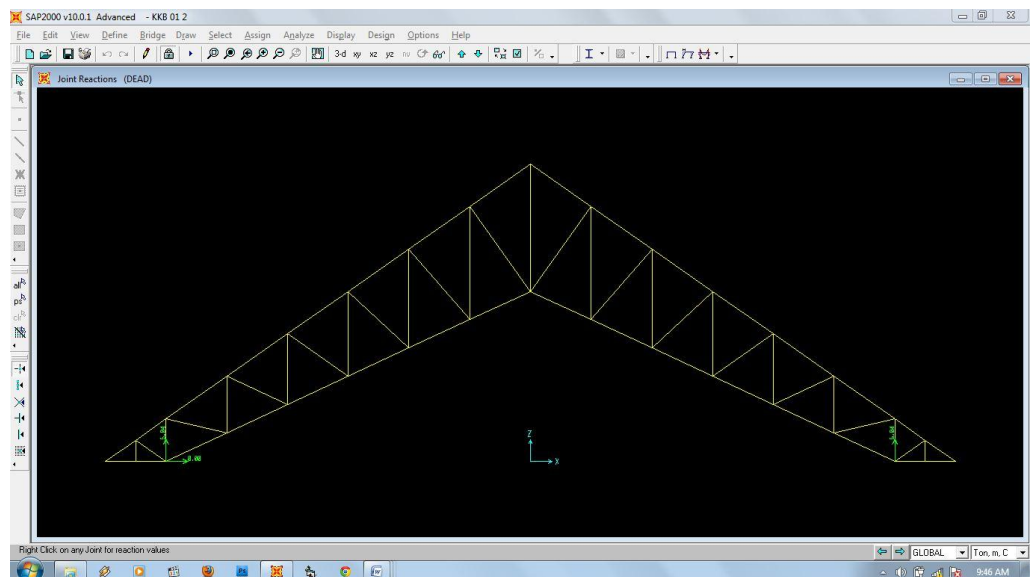
- DL + LL
- 1,2 DL + 1,4 LL
- 1,2 DL + 1,4 LL + 0,8 W

Berikut ini disajikan gambar hasil dari program SAP 2000 v10 pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda setelah di run.



Gambar 3.3. Hasil Analysis Run

Hasil reaksi pembebanan yang terjadi pada kuda – kuda ditunjukkan pada gambar hasil dari program SAP 2000 v10 di bawah ini.



Gambar 3.4 Reaksi Pembebanan yang Terjadi di Ra dan Rb

Perhitungan reaksi yang terjadi pada masing – masing tumpuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Ra &= \frac{DL \cdot \text{jumlah batang}}{2} \\
 &= \frac{630 \cdot 16}{2} \\
 &= 5040 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3.7 Pendimensian Batang Profil Kuda – Kuda

- P Batang tarik : +10467,73 kg
- P Batang tekan : -11161,98 kg
- l_k Batang tarik : 315 cm
- l_k Batang tekan : 183 cm
- Mutu baja : Bj 37
- λ_g : 111

a. Pendimensian batang tarik

Dipakai profil siku siku sama kaki 2L.60.60.6 dengan:

- A_n : 5,89 cm²
- $i_x = i_y$: 1,82 cm

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{l_k}{i_{min}} \\
 &= \frac{315}{1,82} \leq 240 \\
 &= 173,07 \leq 240 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

➤ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan y

$$\frac{P}{2 \cdot A_n} \leq 75\% \sigma$$

$$\frac{10467,73}{2 \cdot 5,89} \leq 75\% \cdot 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$888,60 \text{ kg/cm}^2 \leq 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

b. Pendimensionian batang tekan

Dipakai profil siku siku sama kaki 2L.60.60.6 dengan:

- A_b : $6,91 \text{ cm}^2$

- $i_x = i_y$: $1,82 \text{ cm}$

$$i_{\min} = \frac{l_k}{\tau_g}$$

$$= \frac{183}{111}$$

$$= 1,64 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{l_k}{i_{\min}}$$

$$= \frac{183}{1,82}$$

$$= 100,54$$

Syarat $\lambda < \lambda_g$

$$100,54 \leq 111 \quad (\text{OK})$$

➤ Kontrol tegangan terhadap sumbu x dan sumbu y

$\lambda = 100,5$, maka $\omega = 2,036$ (Tabel 3 daftar faktor tekuk (ω) untuk mutu baja 37 buku pedoman perencanaan bangunan baja untuk gedung).

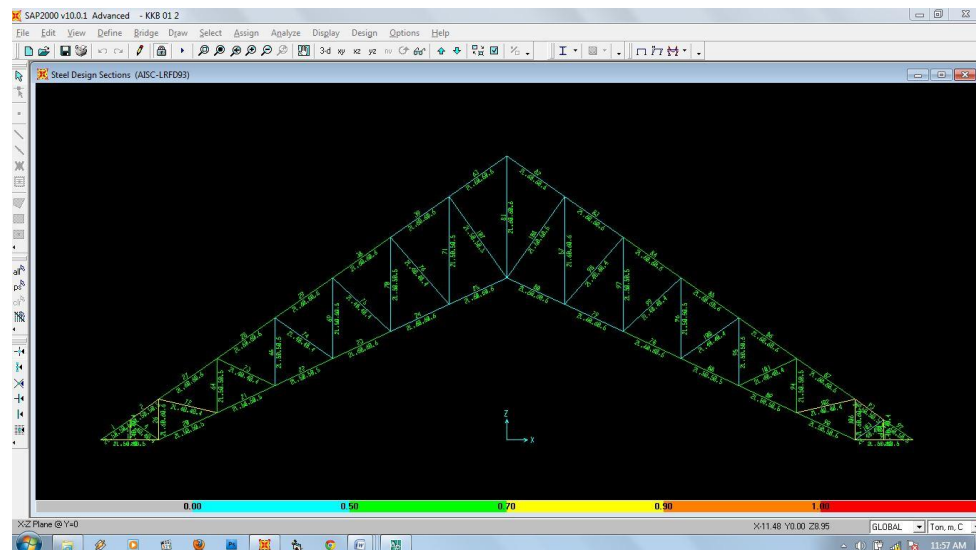
Syarat:

$$\omega \frac{P}{2 \cdot A_b} \leq \sigma$$

$$2,036 \cdot \frac{11161,98}{2 \cdot 6,91} \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$1584,22 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK})$$

Kuat atau tidaknya batang profil yang digunakan ditunjukkan pada gambar hasil dari program SAP 2000 v10 di bawah ini.



Gambar 3.5 Pengechekan Batang Profil Baja pada Kuda - Kuda

Keterangan:

- Warna biru muda menunjukkan batang profil yang digunakan sangat kuat.
- Warna hijau menunjukkan batang profil yang digunakan kuat.
- Warna kuning menunjukkan batang profil yang digunakan cukup kuat.
- Warna orange menunjukkan batang profil yang digunakan mendekati batas tidak aman.
- Warna merah menunjukkan batang profil yang digunakan tidak kuat atau kritis

Hasil perhitungan manual dan hasil analisis pada program SAP 2000 v10 menunjukkan bahwa batang profil baja 2L.60.60.6 dan 2L.60.60.6 aman

dalam menahan beban mati, beban hidup dan beban angin. Pada program SAP 2000 v10 ditunjukkan dengan tidak adanya batang profil baja yang berwarna merah.

BAB IV

PERENCANAAN PLAT LANTAI

4.1 Perencanaan Pelat Lantai

Kekuatan lentur suatu elemen pelat sangat dipengaruhi oleh ketebalannya. Pelat dapat dikategorikan kedalam tipe elemen yang perbandingan lendutannya lebih kecil jika dibandingkan ketebalan pelat. Berdasarkan buku “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Gedung” (SNI 03 - 1728 - 2002 pasal 11.5(3)), ketebalan pelat yang digunakan tidak boleh kurang dari 120 mm. Proses analisisnya menggunakan teori pendekatan dengan asumsi - asumsi sebagai berikut :

- Tidak terjadi deformasi pada bidang tengah pelat. Bidang ini dapat disebut bidang netral pada saat terjadi lentur.
- Titik-titik yang terletak pada suatu bidang tengah pelat akan tetap berada pada bidang normal permukaan tengah pelat selama terjadi lentur.
- Tegangan normal pada arah melintang terhadap pelat (tegangan geser pelat) dapat diabaikan.

Dari asumsi-asumsi tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh gaya-gaya geser pada pelat dapat diabaikan. Perencanaan perhitungan pelat lantai pada gedung PTIK Universitas Negeri Semarang menggunakan metode amplop dibantu dengan program SAP 2000 v10. Dasar – dasar perencanaan sesuai dengan peraturan – peraturan sebagai berikut:

- SNI 03-2847-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Rumah dan Gedung.
- SNI 03-1727-2002 F Tentang Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.

Berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Rumah dan Gedung dan Tata Cara Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung maka beban yang diperhitungkan sebagai berikut:

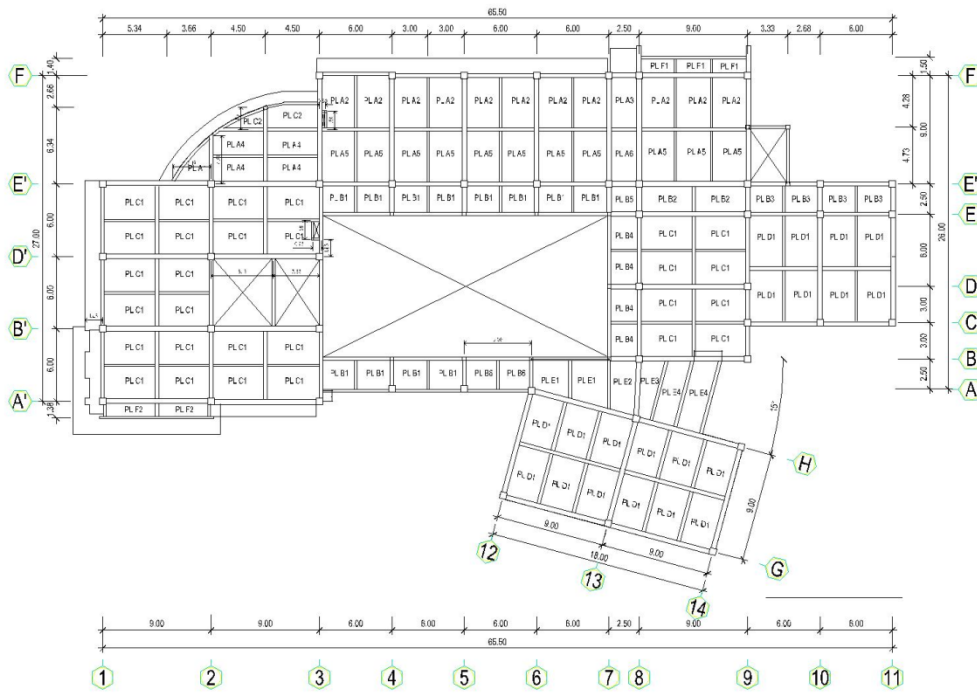
- Beban mati (W_D) dikalikan dengan faktor 1,2
- Beban Hidup (W_L) dikalikan dengan faktor 1,6

4.2 Data Teknis Perencanaan Pelat Lantai

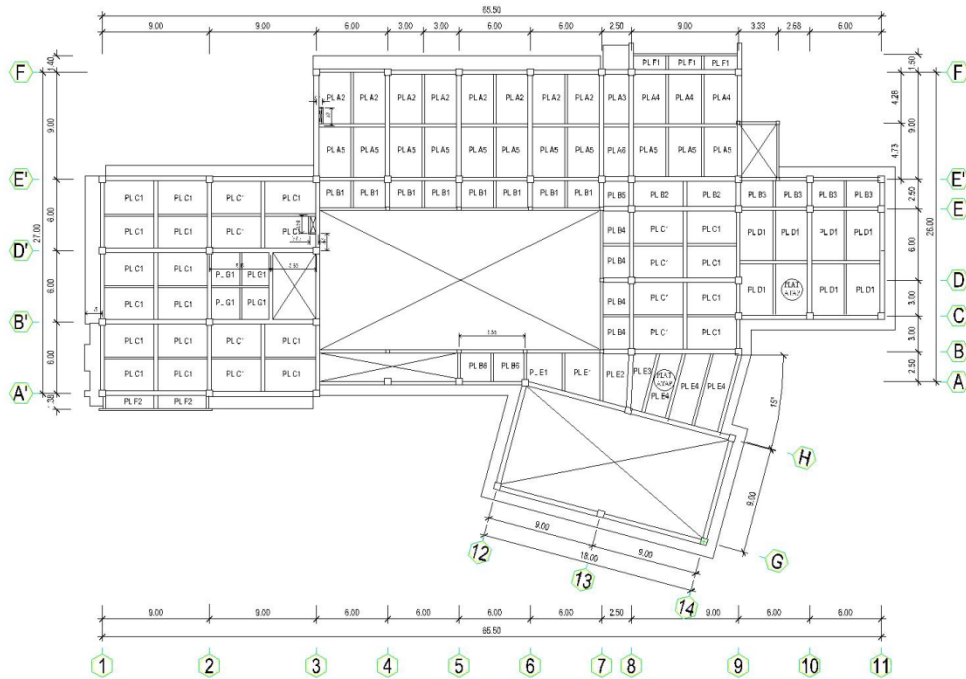
- Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K-300)
- Mutu baja (f_y) : 240 Mpa
- Berat adukan semen per cm tebal : 21 kg/m²
- Berat penutup lantai keramik : 24 kg/m²
- Berat beton bertulang : 2400 kg/m³
- Berat pasir kondisi lembab : 1850 kg/m³
- Beban hidup untuk gedung kuliah : 250 kg/m²
- Beban hidup untuk ruang rapat atau gudang : 400 kg/m²

4.3 Perencanaan Pelat Lantai 2 dan Lantai 3

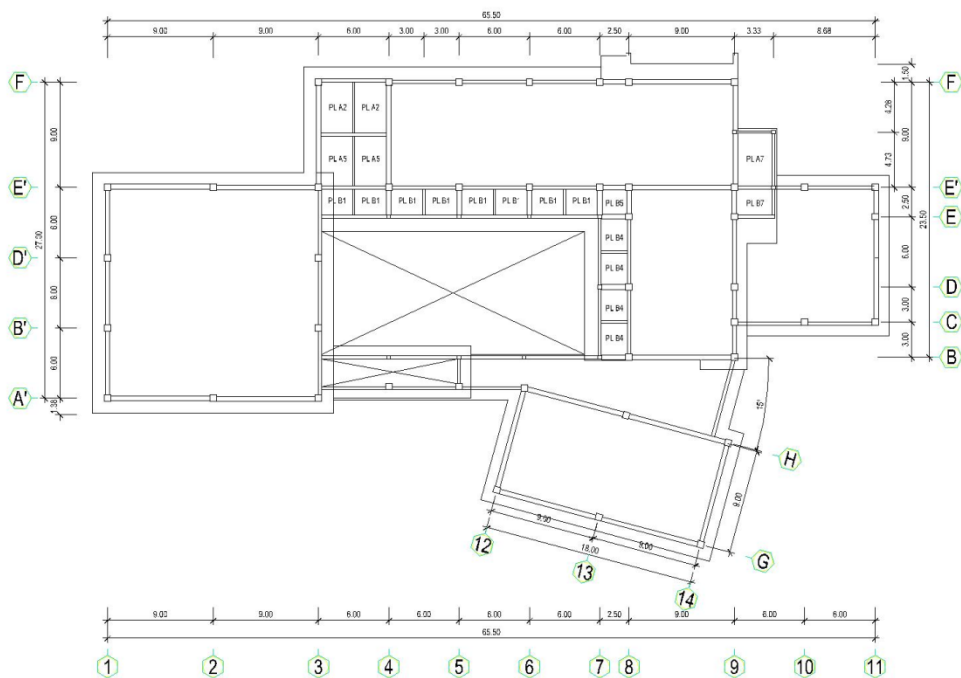
Perencanaan pelat lantai 2, pelat lantai 3 dan pelat atap gedung PTIK UNNES, terdiri dari 4 skema penyaluran beban berdasarkan metode amplop seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.1 Rencana Pelat Lantai 2



Gambar 4.2 Rencana Pelat Lantai 3



Gambar 4.3 Rencana Pelat Atap

Perencanaan perhitungan pelat lantai 2, pelat lantai 3 dan pelat atap sebagai berikut:

4.3.1. Menentukan syarat – syarat batas dan panjang bentang

Pelat ditumpu bebas pada balok – balok tepi dan terjepit penuh pada balok tengah (menerus di atas tumpuan). Lihat gambar 4.1, 4.2 dan 4.3 sebagai berikut:

- ly_1 = 4280 mm untuk lantai PLA2, PLA3
- ly_2 = 4720 mm untuk lantai PLA1, PLA5, PLA6, PLA7
- ly_3 = 2500 mm untuk lantai PLB1, PLB2, PLB3, PLB5, PLB6, PLB7
- ly_4 = 3000 mm untuk lantai PLB4, PLC1, PLG1

- ly_5 = 4500 mm untuk lantai PLD1
- ly_6 = 1500 mm untuk PLF1
- ly_7 = 1380 mm untuk PLF2
- ly_8 = 3950 mm untuk PLE1
- ly_9 = 3650 mm untuk PLE2
- ly_{10} = 4490 mm untuk PLE3
- ly_{11} = 5900 mm untuk PLE4
- ly_{12} = 1830 mm untuk PLC2
- ly_{13} = 2365 mm untuk PLA4

- lx_1 = 3000 mm untuk lantai PLA1, PLA2, PLA5, PLD1, PLF1, PLB1, PLB3
- lx_2 = 4500 mm untuk lantai PLA4, PLC1, PLC2, PLF2
- lx_3 = 2500 mm untuk lantai PLA3, PLA6, PLB4, PLB5, PLE2
- lx_4 = 2930 mm untuk lantai PLB6
- lx_5 = 2590 mm untuk PLG1
- lx_6 = 3330 mm untuk lantai PLA7, PLB7
- lx_7 = 3220 mm untuk lantai PLE1
- lx_8 = 2300 mm untuk lantai PLE3, PLE4

4.3.2. Menentukan tebal pelat lantai

- Untuk lapangan tepi dalam arah x berlaku $l_{x1} = 3000$ mm, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240$ Mpa adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/32 l_{x1} \\ &= 1/32 \times 3000 \\ &= 93,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x1} = 3000$ mm, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240$ Mpa adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x1} \\ &= 1/37 \times 3000 \\ &= 81,08 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x2} = 4500$ mm, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240$ Mpa adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x2} \\ &= 1/37 \times 4500 \\ &= 121,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x3} = 2500$ mm, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240$ Mpa adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x3} \\ &= 1/37 \times 2500 \end{aligned}$$

$$= 67,56 \text{ mm}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x4} = 2930 \text{ mm}$, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$ adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x4} \\ &= 1/37 \times 2930 \\ &= 79,18 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x5} = 2590 \text{ mm}$, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$ adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x5} \\ &= 1/37 \times 2590 \\ &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x6} = 3330 \text{ mm}$, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$ adalah

$$\begin{aligned} h_{\min} &= 1/37 l_{x6} \\ &= 1/37 \times 3330 \\ &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x7} = 3220 \text{ mm}$, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$ adalah

$$h_{\min} = 1/37 l_{x7}$$

$$= 1/37 \times 3220$$

$$= 87,02 \text{ mm}$$

- Untuk lapangan tengah dalam arah x berlaku $l_{x8} = 2300 \text{ mm}$, tebal pelat minimum sesuai dengan tabel 10 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” untuk $f_y = 240 \text{ Mpa}$ adalah

$$h_{\min} = 1/37 l_{x8}$$

$$= 1/37 \times 2300$$

$$= 62,16 \text{ mm}$$

Kesimpulan tebal pelat lantai dianggap $h = 120 \text{ mm}$, dimana syarat lendutan pun memadai.

4.3.3. Pembebanan pelat lantai

- Berat beban mati (W_D)
 - W_D dari berat pelat sendiri (W_{Dpe}) = $h \cdot \text{berat beton bertulang}$

$$= 0,12 \cdot 24$$

$$= 2,88 \text{ kN/m}^2$$
 - W_D dari berat pasir (W_{Dpa}) = $\text{tebal pasir} \cdot \text{berat pasir kondisi lembab}$

$$= 0,05 \cdot 18,5$$

$$= 0,92 \text{ kN/m}^2$$
 - W_D dari berat adukan semen (W_{DS}) = $0,21 \text{ kN/m}^2$
 - W_D dari berat penutup lantai keramik (W_{DK}) = $0,24 \text{ kN/m}^2$
 - $W_{Dtotal} = W_{Dpe} + W_{Dpa} + W_{DS} + W_{DK}$

$$= 2,88 + 0,92 + 0,21 + 0,24$$

$$= 4,25 \text{ kN/m}^2$$

- Berat beban hidup (W_L)
 - Beban hidup untuk gedung kuliah (W_{L1}) = 2,5 kN/m²
 - Beban hidup untuk gudang (W_{L2}) = 4 kN/m²
- Beban ultimed atau rencana untuk gedung kuliah (W_{u1})

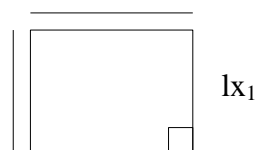
$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 W_D + 1,6 W_{L1} \\ &= (1,2 \cdot 2,88) + (1,6 \cdot 2,5) \\ &= 7,45 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- Beban ultimed atau rencana untuk gudang

$$\begin{aligned} W_{uk} &= 1,2 W_D + 1,6 W_{L2} \\ &= (1,2 \cdot 2,88) + (1,6 \cdot 4) \\ &= 9,85 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.3.4. Perhitungan momen

- a. Untuk pelat lantai bersymbol huruf PLA1



Momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x1} = 1,4$ untuk kasus III didapatkan momen – momen sebagai berikut:

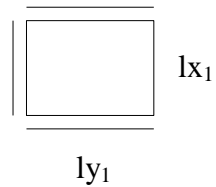
- $m_{lx} = 0,052 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$

$$= 0,052 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$$

$$= 3,48 \text{ kNm}$$

- $m_{ly} = 0,023 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,023 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,54 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,097 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,097 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 6,50 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,077 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,077 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 5,16 \text{ kNm}$
- $m_{tix} = \frac{1}{2} \cdot m_{tx}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 3,48$
 $= 1,74 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ty}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 1,54$
 $= 0,77 \text{ kNm}$

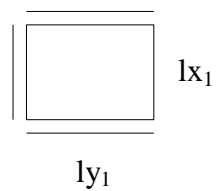
b. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA2



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,4$ untuk kasus VII^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,045 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,045 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,01 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,019 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,019 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,27 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,076 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,076 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 5,09 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,055 W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,62 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 1,27$
 $= 0,63 \text{ kNm}$

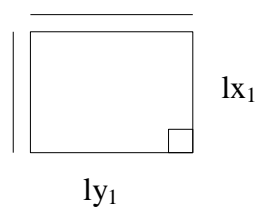
c. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA3



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,6$ untuk kasus VII^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,050 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,050 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 2,32 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,018 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,018 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 0,83 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,080 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,080 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 3,72 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,054 W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 2,51 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,83$
 $= 0,42 \text{ kNm}$

d. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA4



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_y/l_x = 1,0$ untuk kasus III didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{lx} &= 0,030 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,030 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 4,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ly} &= 0,030 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,030 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 4,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

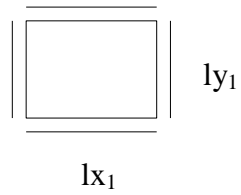
$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tx} &= 0,068 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,068 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 10,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ty} &= 0,068 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,068 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 10,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot m_{lx} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,52 \\ &= 2,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot m_{ly} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,52 \\ &= 2,26 \text{ kNm} \end{aligned}$$

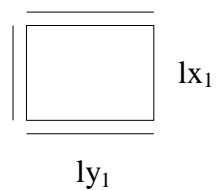
e. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA5



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,4$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,042 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,042 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 2,81 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,018 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,018 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,20 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,072 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,072 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 4,82 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,055 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,055 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,68 \text{ kNm}$

f. Untuk pelat lantai bersymbol huruf PLA6



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,8$ untuk kasus VII^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{lx} &= 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 2,51 \text{ kNm} \end{aligned}$$

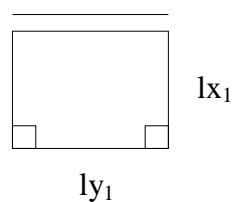
$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ly} &= 0,017 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,017 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 0,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tx} &= 0,082 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,082 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 3,81 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ty} &= 0,053 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,053 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 2,46 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot m_{ly} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,79 \\ &= 0,39 \text{ kNm} \end{aligned}$$

g. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA7



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y2}/l_{x1} = 1,4$ untuk kasus V^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{lx} &= 0,057 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,057 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2 \\ &= 4,70 \text{ kNm} \end{aligned}$$

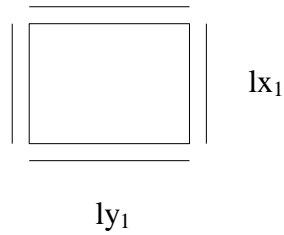
$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ly} &= 0,023 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,023 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2 \\ &= 1,90 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tx} &= 0,107 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,107 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2 \\ &= 8,83 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot m_{lx} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 4,70 \\ &= 2,35 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot m_{ly} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1,90 \\ &= 0,95 \text{ kNm} \end{aligned}$$

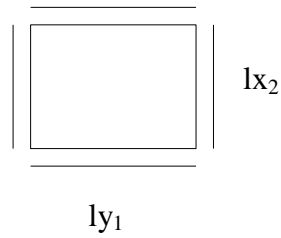
h. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB1



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,67 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,67 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,41 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,41 \text{ kNm}$

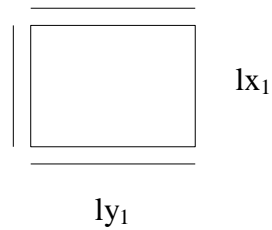
i. untuk pelat lantai bersimbol PLB2



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 3,77 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 3,77 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 7,69 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 7,69 \text{ kNm}$

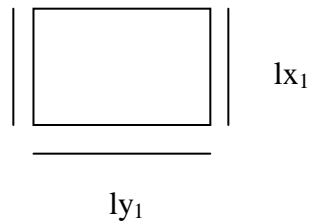
j. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB3



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus IV^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,028 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,028 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,87 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,67 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,060 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,060 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 4,02 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,62 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 1,67$
 $= 0,84 \text{ kNm}$

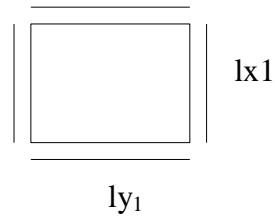
k. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB4



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,2$ untuk kasus VII^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,037 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,037 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 1,72 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,021 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,021 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 0,97 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,070 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,070 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 3,25 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,055 W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,055 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 2,56 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 0,97$
 $= 0,61 \text{ kNm}$

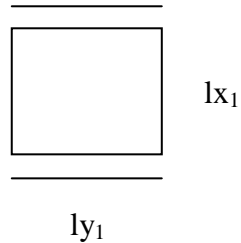
1. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB5



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 1,16 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 1,16 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 2,37 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$
 $= 2,37 \text{ kNm}$

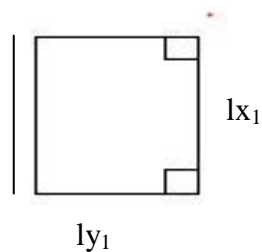
m. untuk pelat lantai bersimbol PLB6



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus IV^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,033 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,033 \cdot 7,45 \cdot 2,78^2$
 $= 1,90 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,024 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,024 \cdot 7,45 \cdot 2,78^2$
 $= 1,38 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,069 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,069 \cdot 7,45 \cdot 2,78^2$
 $= 3,91 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 1,38$
 $= 0,69 \text{ kNm}$

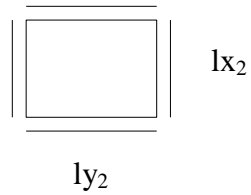
n. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB7



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus V^A didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,031 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,031 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2$
 $= 3,05 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,039 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,039 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2$
 $= 3,22 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,091 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,091 \cdot 7,45 \cdot 3,33^2$
 $= 7,51 \text{ kNm}$
- $m_{tix} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 3,05$
 $= 1,52 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 3,22$
 $= 1,61 \text{ kNm}$

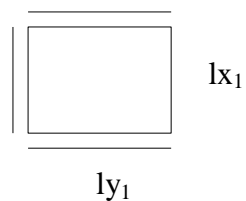
o. untuk pelat lantai bersimbol huruf PLC1



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y2}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 3,77 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 3,77 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 7,69 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 7,69 \text{ kNm}$

p. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLC2



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_y/l_x = 1,0$ untuk kasus III didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{lx} &= 0,028 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,028 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 4,22 \text{ kNm} \end{aligned}$$

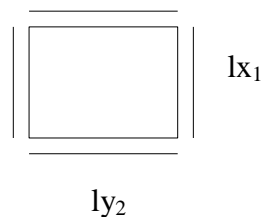
$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ly} &= 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 3,77 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tx} &= 0,060 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,060 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 9,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{ty} &= 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2 \\ &= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2 \\ &= 8,14 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \quad m_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot m_{ly} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 3,77 \\ &= 1,88 \text{ kNm} \end{aligned}$$

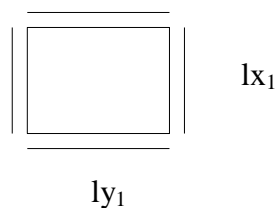
q. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLD1



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y2}/l_{x1} = 1,4$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,042 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,042 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 2,81 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,018 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,018 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,20 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,072 \cdot W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,072 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 4,82 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,055 W_u \cdot l_{x1}^2$
 $= 0,055 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,68 \text{ kNm}$

r. untuk pelat lantai bersimbol PLE1



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,2$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,034 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$

$$= 0,034 \cdot 7,45 \cdot 3,22^2$$

$$= 2,62 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{ly} = 0,022 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$$

$$= 0,022 \cdot 7,45 \cdot 3,22^2$$

$$= 1,69 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{tx} = 0,063 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$$

$$= 0,063 \cdot 7,45 \cdot 3,22^2$$

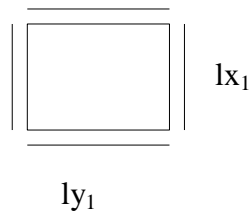
$$= 4,86 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{ty} = 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$$

$$= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 3,22^2$$

$$= 4,17 \text{ kNm}$$

s. untuk pelat lantai bersimbol PLE2



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,6$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\cdot m_{lx} = 0,049 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$$

$$= 0,049 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$$

$$= 2,28 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{ly} = 0,015 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$$

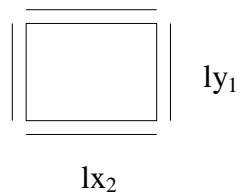
$$= 0,015 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2$$

$$= 0,69 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{tx} &= 0,078 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,078 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 3,63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{ty} &= 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 2,50^2 \\ &= 2,51 \text{ kNm} \end{aligned}$$

t. untuk pelat lantai bersimbol PLE3



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 2,0$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot m_{lx} &= 0,058 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,058 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 2,28 \text{ kNm} \end{aligned}$$

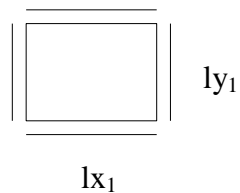
$$\begin{aligned} \cdot m_{ly} &= 0,015 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,015 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 0,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{tx} &= 0,082 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,082 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \end{aligned}$$

$$= 3,23 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{ty} &= 0,053 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,053 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 2,03 \text{ kNm} \end{aligned}$$

u. untuk pelat lantai bersimbol PLE4



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 2,5$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \cdot m_{lx} &= 0,062 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,062 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 2,44 \text{ kNm} \end{aligned}$$

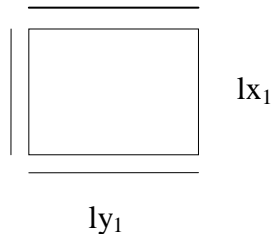
$$\begin{aligned} \cdot m_{ly} &= 0,014 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,014 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 0,55 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{tx} &= 0,083 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,083 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \\ &= 3,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot m_{ty} &= 0,051 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2 \\ &= 0,051 \cdot 7,45 \cdot 2,30^2 \end{aligned}$$

$$= 2,00 \text{ kNm}$$

v. Untuk pelat lantai bersimbol PLF1

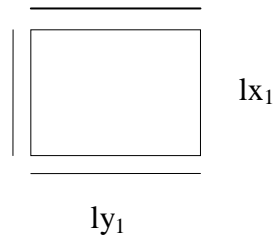


Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y3}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus VI^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,028 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,028 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,87 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,67 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,060 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,060 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 4,02 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,054 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,62 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 1,67$

$$= 0,84 \text{ kNm}$$

w. Untuk pelat lantai bersimbol PLF2

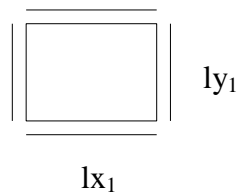


Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y3}/l_{x2} = 1,0$ untuk kasus VI^B didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,028 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,028 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 4,22 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,025 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,025 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 3,77 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,060 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,060 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 9,05 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,054 W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 4,50^2$
 $= 8,14 \text{ kNm}$
- $m_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot m_{ly}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 3,77$

$$= 1,88 \text{ kNm}$$

x. untuk pelat lantai bersimbol PLG1



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y1}/l_{x2} = 1,2$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,034 \cdot W_u \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,034 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 2,27 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,022 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,022 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 1,47 \text{ kNm}$
- $m_{lx} = 0,063 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,063 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 4,22 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,054 \cdot W_{uk} \cdot l_{x2}^2$
 $= 0,054 \cdot 7,45 \cdot 3,00^2$
 $= 3,62 \text{ kNm}$

Keterangan :

- m_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah x

- m_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ty} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{tix} = momen jepit tak terduga per meter lebar diarah x
- m_{tiy} = momen jepit tak terduga per meter lebar diarah y

4.3.5. Perhitungan tulangan

Tebal pelat (h) = 120 mm, penutup beton menurut tabel 3 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” ($\phi_D < 36$ mm) : selimut beton (p) = 20 mm, diameter tulangan utama diperkirakan $\phi_D = 8$ mm pada dua arah.

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - \frac{1}{2} \phi_D \\ &= 120 - 20 - (\frac{1}{2} \times 8) \\ &= 96 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - \phi_{Dx} - \frac{1}{2} \phi_{Dy} \\ &= 120 - 20 - 8 - (\frac{1}{2} \times 8) \\ &= 88 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk ρ_{min} yang disyaratkan untuk seluruh mutu beton pelat dengan f_y 240 Mpa $\rho_{min} = 0,0025$ lihat tabel 7 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang”.

Untuk $f_c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85$

- $$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 24,9 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600+240}$$

$$= 0,053$$

- $$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot 0,053$$

$$= 0,039$$

a. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 3,48 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,48 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0016$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0016 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,54 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,54 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0009$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0009 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 6,50 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{6,50 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0030$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0030 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0030$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0030 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 297 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 5,16 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{5,16 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0030$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0030 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0030$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0030 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 264 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{tx} = 1,74 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,74 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0008$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0008 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 79,2 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,77 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00046$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,00046 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 40,48 \text{ mm}^2$$

b. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA2

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 3,01 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,01 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0014$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0014 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,27 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,27 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0006$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0006 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 5,09 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{5,09 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0024$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0024 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,62 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0021$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0021 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,63 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,63 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00037$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,00037 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 32,6 \text{ mm}^2$$

c. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA3

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,32 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,32 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0011$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,83 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,83 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00049$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00049 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,72 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,72 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0017$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0017 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,51 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{2,51 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0015$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0015 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{tiy} = 0,42 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,42 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00025$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,00025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 22 \text{ mm}^2$$

d. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA4

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 4,52 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{4,52 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0021$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0021 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 4,52 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{4,52 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0027$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0027 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0027$

$$A_{sly} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0027 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 237,6 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 10,25 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{10,25 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0048$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0048 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0048$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0048 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 475,2 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 10,25 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{10,25 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0061$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0061 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0061$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0061 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 536,8 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{tx} = 2,26 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,26 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0010$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0010 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 99 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 2,26 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,26 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0013$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0013 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 114,4 \text{ mm}^2$$

e. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA5

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,81 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,81 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0013$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0013 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,20 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,20 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0007$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0007 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,82 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{4,82 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0022$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,68 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{3,68 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0022$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

f. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA6

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,51 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{2,51 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0011$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,79 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,79 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00047$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00047 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,81 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,81 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0017$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0017 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,46 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,46 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0014$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0014 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,39 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,39 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00023$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,00023 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 20,24 \text{ mm}^2$$

g. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLA7

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 4,70 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{4,70 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2} \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{s_{lx}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,90 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2} \\ &= \frac{1,90 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,0011\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{s_{ly}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 8,83 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{8,83 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0041$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0041 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0041$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0041 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 405,9 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,35 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,35 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0011$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0011 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 108,9 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,95 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{2,35 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00044$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,00044 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 38,72 \text{ mm}^2$$

h. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00078$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00078 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00099$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00099 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,41 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,41 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0016$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0016 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,41 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{3,41 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0020$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0020 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0020$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0020 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

i. Untuk pelat lantai bersimbol PLB2

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0017$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0017 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0018$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0018 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 7,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{7,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0036$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0036 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0036$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0036 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 356,4 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 7,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{7,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0045$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0045 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0045$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0045 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 396 \text{ mm}^2$$

j. Untuk pelat lantai bersimbol PLB3

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,87 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{1,87 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0009$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0009 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,02 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{4,02 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0018$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0018 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,62 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0021$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0021 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0021$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0021 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,64 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,64 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00038$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,00038 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 33,44 \text{ mm}^2$$

k. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB4

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2} \\ &= 0,00078\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00078 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{slx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,25 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{1,25 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,00074\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00074 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,35 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,35 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0015$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0015 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,21 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{3,21 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0019$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0019 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{tiy} = 0,61 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,61 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00036$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,00036 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 31,68 \text{ mm}^2$$

1. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB5

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,16 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00054$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00054 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,16 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0007$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0007 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 2,37 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,37 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0011$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,37 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{2,37 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0014$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0014 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

m. Untuk lantai bersimbol huruf PLB6

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,90 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{1,90 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0009$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0009 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,38 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{1,38 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00082$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00082 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,19 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,19 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0015$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0015 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0015$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0015 \cdot 1 \cdot 0,146 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{0,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00041$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,00041 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 36,08 \text{ mm}^2$$

n. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLB7

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 3,05 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{3,05 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0014$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0014 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,22 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{3,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0019$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0019 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ly} = 7,51 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{7,51 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0044$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0044 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0044$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0044 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 387,2 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{lix} = 1,52 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{1,52 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00071$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,00071 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 70,29 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{tiy} = 1,61 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,61 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00096$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,00096 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 84,48 \text{ mm}^2$$

- o. Untuk pelat lantai bersimbol PLC1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2} \\ &= 0,0017\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0017 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2} \\ &= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 7,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{7,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0036$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0036 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0036$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0036 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 356,4 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 7,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{7,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0045$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0045 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0045$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0045 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 396 \text{ mm}^2$$

p. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLC2

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 4,22 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{4,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2} \\ &= 0,0019\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0019 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 9,05 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{9,05 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0042$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0042 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0042$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0042 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 415,8 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 8,14 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{8,14 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0048$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0048 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0048$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0048 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 422,4 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{tiy} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,88 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0011$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0011 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 96,8 \text{ mm}^2$$

q. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLD1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,81 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,81 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0013$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0013 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,20 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,20 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00071$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00071 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,82 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{4,28 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0022$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,68 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{3,68 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0022$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

r. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLE1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,62 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{2,62 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0012$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0012 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{1,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,86 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{4,86 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0022$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 4,17 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{4,17 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0024$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0024 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

s. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLE2

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,28 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{2,28 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,69 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,69 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00041$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00041 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,63 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,63 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0017$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0017 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,51 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,51 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0015$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0015 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0028$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

t. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLE3

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,28 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{2,28 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,59 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,59 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00035$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00035 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,23 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,23 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0015$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0015 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,146 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,03 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,03 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00095$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00095 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

u. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLE4

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,44 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{2,44 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0011$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,55 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{0,55 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00032$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00032 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 3,86 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{3,86 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0018$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0018 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 2,00 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{2,00 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0011$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0011 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

v. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLF1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,87 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{1,87 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,00088$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00088 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{1,67 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,02 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{4,02 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0018$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0018 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,62 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$= \frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0021$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0021 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{ty} = 0,84 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{0,84 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0005$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stiy} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0005 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 44 \text{ mm}^2$$

w. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLF2

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 4,22 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{4,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2} \\ &= 0,0019\end{aligned}$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{max} = 0,0025 > 0,0019 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{slx} &= \rho_{min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6 \\ &= 247,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,77 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{3,77 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,0022\end{aligned}$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{max} = 0,0025 > 0,0022 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}A_{sly} &= \rho_{min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,002 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 9,05 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{9,05 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0042$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0042 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0042$

$$A_{stx} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0042 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 475,2 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 8,14 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{8,14 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0048$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0048 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0048$

$$A_{sty} = \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0048 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 422,4 \text{ mm}^2$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah y

$$m_{tiy} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,88 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,0011$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0011 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 96,8 \text{ mm}^2$$

x. Untuk pelat lantai bersimbol huruf PLG1

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,27 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,27 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0010$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0010 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,099 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 1,47 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{1,47 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2}$$

$$= 0,00087$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0087 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6$$

$$= 220 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 4,22 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2}$$

$$= \frac{4,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,099^2}$$

$$= 0,0019$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0019 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,146 \cdot 10^6$$

$$= 247,5 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 3,62 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_y^2}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{3,62 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,088^2} \\ &= 0,0021 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0021 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{\text{sty}} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,088 \cdot 10^6 \\ &= 220 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.3.6. Pemilihan tulangan

Pemilihan tulangan disajikan dalam tabel di bawah ini.

Pelat Lantai	M	MU (kNm)	ρ_{min}	ρ	As (mm ²)	Tulangan
Pelat Lantai	m_{lx}	3,48	0,0025	0,0016	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	1,54		0,0009	220	Φ10 - 350
PLA1	m_{tx}	6,50	-	0,0030	247,5	Φ10 - 300
	m_{ty}	5,16		0,0030	264	Φ10 - 350
(Kasus III)	m_{tix}	1,74	-	0,0008	79,2	Φ10 - 450
	m_{tiy}	0,77	-	0,00046	40,48	Φ10 - 450
Pelat Lantai	m_{lx}	3,01	0,0025	0,0014	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	1,27		0,0006	220	Φ10 - 350
PLA2	m_{tx}	5,09	-	0,0024	247,5	Φ10 - 300
	m_{ty}	3,62		0,0021	220	Φ10 - 3500
(Kasus VIIB)	m_{tiy}	0,63	-	0,00037	32,6	Φ10 - 450
Pelat Lantai	m_{lx}	2,32	0,0025	0,0011	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	0,83		0,00049	220	Φ10 - 350
PLA3	m_{tx}	3,72	-	0,0017	247,5	Φ10 - 300
	m_{ty}	2,51		0,0015	220	Φ10 - 350
(Kasus VIIB)	m_{tiy}	0,42	-	0,00025	22	Φ10 - 450
Pelat Lantai	m_{lx}	4,52	0,0025	0,0021	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	4,52	-	0,0027	237,6	Φ10 - 3500
PLA4	m_{tx}	10,25	-	0,0048	475,2	Φ10 - 300
	m_{ty}	10,25		0,0061	536,8	Φ10 - 350
(Kasus III)	m_{tix}	2,26	-	0,0010	99	Φ10 - 450
	m_{tiy}	2,26	-	0,0013	114,4	Φ10 - 450
Pelat Lantai	m_{lx}	2,81	0,0025	0,0013	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	1,20		0,0007	220	Φ10 - 350
PLA5	m_{tx}	4,82	-	0,0022	247,5	Φ10 - 300
(Kasus II)	m_{ty}	3,68		0,0022	220	Φ10 - 350
Pelat Lantai	m_{lx}	2,51	0,0025	0,0011	247,5	Φ10 - 300
	m_{ly}	0,79		0,00047	220	Φ10 - 350
PLA6	m_{tx}	3,81	-	0,0017	247,5	Φ10 - 300

	m_{ty}	2,46		0,0014	220	$\Phi 10 - 350$
(Kasus VIIB)	m_{tjy}	0,39	-	0,00023	20,24	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	4,70	0,0025	0,0022	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,90		0,0011	220	$\Phi 10 - 350$
PLA7	m_{tx}	8,83		0,0041	405,9	$\Phi 10 - 300$
	m_{tix}	2,35	-	0,0011	108,9	$\Phi 10 - 450$
(Kasus VB)	m_{tjy}	0,95	-	0,00044	38,72	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,67	0,0025	0,00078	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,67		0,00099	220	$\Phi 10 - 350$
PLB1	m_{tx}	3,41		0,0016	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	3,41		0,0020	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	3,77	0,0025	0,0017	247,5	$\Phi 10 - 200$
	m_{ly}	3,77		0,0018	220	$\Phi 10 - 200$
PLB2	m_{tx}	7,69		0,0036	356,4	$\Phi 10 - 200$
(Kasus II)	m_{ty}	7,69		0,0045	396	$\Phi 10 - 200$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,87	0,0025	0,0009	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,67		0,0010	220	$\Phi 10 - 350$
PLB3	m_{tx}	4,02		0,0018	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ty}	3,62		0,0021	220	$\Phi 10 - 350$
(Kasus VIIB)	m_{tjy}	0,64	-	0,00038	33,44	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,67	0,0025	0,00078	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,25		0,00074	220	$\Phi 10 - 350$
PLB4	m_{tx}	3,35		0,0015	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ty}	3,21		0,0019	220	$\Phi 10 - 350$
(Kasus VIIB)	m_{tjy}	0,61	-	0,00036	31,68	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,16	0,0025	0,00054	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,16		0,0007	220	$\Phi 10 - 350$
PLB5	m_{tx}	2,37		0,0011	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	2,37		0,0014	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,90	0,0025	0,0009	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,38		0,00082	220	$\Phi 10 - 350$
PLB6	m_{tx}	3,19		0,0015	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus IVB)	m_{tjy}	0,69	-	0,00041	36,08	$\Phi 10 - 450$

Pelat Lantai	m_{lx}	3,05	0,0025	0,0014	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	3,22		0,0019	220	$\Phi 10 - 350$
PLB7	m_{ty}	7,51	-	0,0044	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{tix}	1,52		0,00071	70,29	$\Phi 10 - 450$
(Kasus VA)	m_{tiy}	1,61	-	0,00096	84,48	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	3,77	0,0025	0,0017	365	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	3,77		0,0022	345	$\Phi 10 - 350$
PLC1	m_{tx}	7,69		0,0036	356,4	$\Phi 10 - 450$
(Kasus II)	m_{ty}	7,69		0,0045	396396	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	4,22	0,0025	0,0019	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	3,77		0,0022	220	$\Phi 10 - 350$
PLC2	m_{tx}	9,05		0,0042	415,8	$\Phi 10 - 200$
	m_{ty}	8,14		0,0048	422,4	$\Phi 10 - 200$
(Kasus IVB)	m_{tix}	1,88	-	0,0011	96,8	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	2,81	0,0025	0,0013	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,20		0,00071	220	$\Phi 10 - 350$
PLD1	m_{tx}	4,82		0,0022	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	3,68		0,0022	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	2,62	0,0025	0,0012	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,69		0,0010	220	$\Phi 10 - 350$
PLE1	m_{tx}	4,46		0,0022	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	4,17		0,0024	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	2,28	0,0025	0,0010	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	0,69		0,00041	220	$\Phi 10 - 350$
PLE2	m_{tx}	3,63		0,0017	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	2,51		0,0015	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	2,28	0,0025	0,0010	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	0,59		0,00035	220	$\Phi 10 - 350$
PLE3	m_{tx}	3,23		0,0015	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	2,03		0,00095	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	2,44	0,0025	0,0011	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	0,55		0,00032	220	$\Phi 10 - 350$
PLE4	m_{tx}	3,86		0,0018	247,5	$\Phi 10 - 300$

(Kasus II)	m_{ty}	2,00		0,0011	220	$\Phi 10 - 350$
Pelat Lantai	m_{lx}	1,87	0,0025	0,00088	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,67		0,0010	220	$\Phi 10 - 350$
PLF1	m_{tx}	4,02		0,0018	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ty}	3,62		0,0021	220	$\Phi 10 - 350$
(Kasus IVB)	m_{tiy}	0,84	-	0,0005	44	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	4,22	0,0025	0,0019	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	3,77		0,0022	220	$\Phi 10 - 350$
PLF2	m_{tx}	9,05		0,0042	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ty}	8,14		0,0048	220	$\Phi 10 - 350$
(Kasus IVB)	m_{tiy}	1,88	-	0,0011	96,8	$\Phi 10 - 450$
Pelat Lantai	m_{lx}	4,27	0,0025	0,0010	247,5	$\Phi 10 - 300$
	m_{ly}	1,47		0,00087	220	$\Phi 10 - 350$
PLE4	m_{tx}	4,22		0,0019	247,5	$\Phi 10 - 300$
(Kasus II)	m_{ty}	3,62			0,0021	220

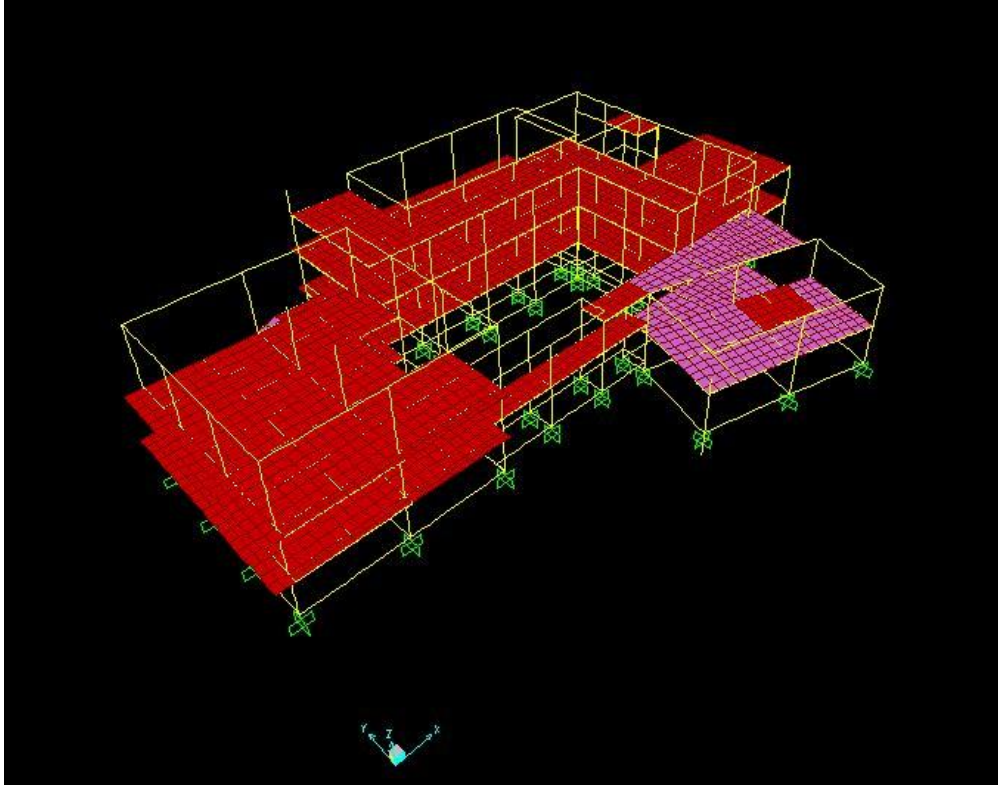
Tabel 4.1 Tulangan Pelat Lantai

4.3.7. Pemeriksaan lebar retak

Untuk f_y 240 Mpa tidak memerlukan pemeriksaan lebar retak.

4.3.8. Hasil analisis SAP 2000 v10

Hasil analisis run SAP 2000 v10 bentuk deformasi pelat lantai ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.4 Deformasi Pelat Lantai

BAB V

PERENCANAAN TANGGA

5.1 Perencanaan Tangga

Transportasi vertikal pada sebuah gedung bertingkat sangatlah penting, karena berfungsi sebagai penghubung antara lantai satu dengan lantai lainnya pada sebuah bangunan gedung. Gedung PTIK Universitas Negeri Semarang terdiri dari 3 lantai maka transportasi vertikal direncanakan menggunakan tangga yang berupa tangga pelat. Dalam perencanaan tangga Gedung PTIK Universitas Negeri Semarang digunakan cara perhitungan manual, serta terdapat 2 macam type tangga yaitu tangga hall dan laboratorium. Umumnya dalam perencanaan tangga akan disesuaikan antara tinggi dan lebarnya anak tangga. Semua anak tangga harus dibuat bentuk dan ukuran yang seragam, dan untuk memberi kenyamanan bagi yang turun dan naik tangga perlu diperhatikan lebar dan tinggi anak tangga. Rumus untuk anak tangga (undak – undak) : $2t + l = 60$ s/d 65 cm.

Keterangan:

- t : tinggi anak tangga (tinggi tanjakan = optrede)
- l : lebar anak tangga (lebar injakan = antrede)

rumus tersebut didasarkan pada:

- Satu langkah arah datar antara 60 s/d 65 cm.

- Untuk melangkah naik perlu tenaga 2 kali lebih besar daripada melangkah datar.

Lebar dan tinggi anak tangga sangat menentukan kenyamanan, yang naik tidak cepat lelah dan yang turun tidak mudah tergelincir.

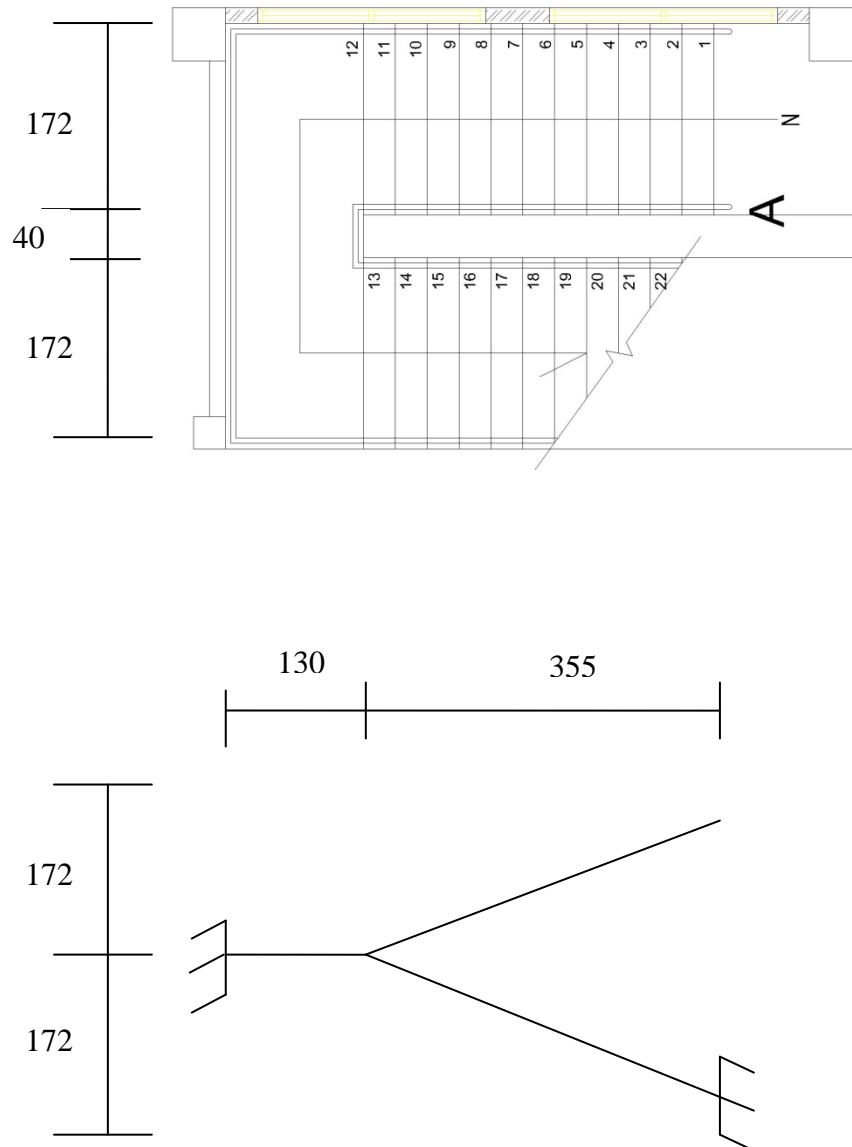
5.2 Data Teknis Perencanaan Tangga Hall

- Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K300)
- Mutu baja tulangan (f_y) : 240 Mpa
- Tinggi tanjakan/optrede (t) : 18 cm
- Lebar tanjakan/antrede (l) : 30 cm
- Lebar bordes (lb) : 130 cm
- Tinggi ruangan (tr) : 420 cm
- Tinggi dasar sampe bordes : 210 cm
- Tebal selimut beton (p) : 2 cm
- Tebal keramik max (hk) : 1 cm
- Tebal spesi (hs) : 2 cm

5.3 Perencanaan Tangga Hall Lantai 1-2 dan Lantai 2-3

Rencana tangga lantai 1-2 dan lantai 2-3 Gedung PTIK Universitas

Negeri Semarang dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 5.1 Rencana Tangga Hall Lantai 1-2 dan Lantai 2-3

- Syarat $2 \cdot t + l = 60$ s/d 65

$$2 \cdot t + l = (2 \cdot 18) + 30$$

$$= 66 \quad (\text{OK})$$

- Jumlah anak tangga (antrade) $= \frac{tr}{t}$

$$= \frac{420}{18}$$

$$= 24 \text{ buah}$$

- Jumlah optrade $= \frac{lb}{t}$

$$= \frac{130}{18}$$

$$= 7,22 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

- Kemiringan tangga (α) $= \text{arc tan} \cdot \frac{t}{l}$

$$= \text{arc tan} \cdot \frac{18}{30}$$

$$= 31^\circ$$

Keterangan:

- t : tinggi anak tangga (tinggi tanjakan = optrede)
- l : lebar anak tangga (lebar injakan = antrede)
- tr : tinggi ruangan
- lb : lebar bordes

5.3.1. Menentukan tebal pelat

- Tebal pelat tangga

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat (h}_{\min}) &= \frac{1}{27} \cdot l_{tx} \\ &= \frac{1}{27} \cdot 355 \\ &= 13,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tebal pelat bordes

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat (h}_{\min}) &= \frac{1}{27} \cdot l_{by} \\ &= \frac{1}{27} \cdot 382 \\ &= 14,14 \text{ cm} \end{aligned}$$

Keterangan:

- l_{tx} : lebar tangga arah x
- l_{by} : lebar bordes arah y

Tebal pelat tangga dan pelat bordes dipakai 15 cm dengan lebar tanjakan 30 cm dan tinggi tanjakan 18 cm.

5.3.2. Pembebanan tangga

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 diperoleh:

- Berat beton bertulang (Bb) : 2400 kg/m³
- Berat penutup lantai keramik (Wk) : 24 kg/m²
- Berat adukan semen per cm tebal (Ws): 21 kg/m²
- Beban hidup untuk tangga : 300 kg/m²

a. Beban tangga

➤ Beban mati (W_D)

- Beban pelat tangga (W_p) = $h \cdot B_b$

$$= 0,15 \cdot 24$$

$$= 3,6 \text{ kN/m}^2$$

- Beban reling tangga perkiraan (W_r) = $0,15 \text{ kN/m}^2$

- Total beban mati (W_D) = $W_p + W_k + W_s + W_r$

$$= 3,6 + 0,24 + 0,21 + 0,15$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

- Beban hidup (W_L) = 3 kN/m^2

- Beban ultimed (W_{ut}) = $1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$

$$= (1,2 \cdot 4,2) + (1,6 \cdot 3)$$

$$= 9,84 \text{ kN/m}^2$$

b. Beban bordes

➤ Beban mati (W_D)

- Beban pelat tangga (W_p) = $h \cdot B_b$

$$= 0,15 \cdot 24$$

$$= 3,6 \text{ kN/m}^2$$

- Total beban mati (W_D) = $W_p + W_k + W_s$

$$= 3,6 + 0,24 + 0,21$$

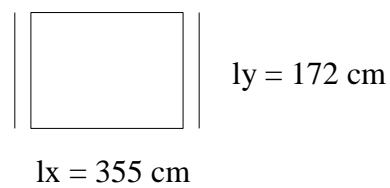
$$= 4,05 \text{ kN/m}^2$$

- Beban hidup (W_L) = 3 kN/m^2

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Beban ultimed (Wub)} &= 1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L \\
 &= (1,2 \cdot 4,05) + (1,6 \cdot 3) \\
 &= 9,66 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

5.3.3. Perhitungan momen

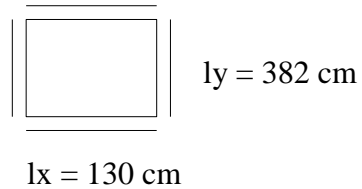
a. Untuk pelat tangga



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_y/l_x = 1,0$ untuk kasus IV^A didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,024 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,024 \cdot 9,84 \cdot 3,55^2$
 $= 2,97 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,033 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,033 \cdot 9,84 \cdot 3,55^2$
 $= 4,09 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,069 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,069 \cdot 9,84 \cdot 3,55^2$
 $= 8,55 \text{ kNm}$
- $m_{tix} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 2,97$
 $= 1,48 \text{ kNm}$

b. Untuk pelat bordes



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y2}/l_{x2} = 2,5$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,062 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$
 $= 0,062 \cdot 9,66 \cdot 1,30^2$
 $= 1,01 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,014 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$
 $= 0,014 \cdot 9,66 \cdot 1,30^2$
 $= 0,22 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = 0,083 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$
 $= 0,083 \cdot 9,66 \cdot 1,30^2$
 $= 1,35 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,051 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$
 $= 0,051 \cdot 9,66 \cdot 1,30^2$
 $= 0,83 \text{ kNm}$

Keterangan :

- m_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah x

- m_{ly} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{lix} = momen jepit tak terduga per meter lebar diarah x

5.3.4. Perhitungan tulangan

Tebal pelat (h) = 150 mm, penutup beton menurut tabel 3 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” ($\phi_D < 36$ mm) : selimut beton (p) = 20 mm, diameter tulangan utama diperkirakan $\phi_D = 8$ mm pada dua arah.

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - \frac{1}{2} \phi_D \\ &= 150 - 20 - (\frac{1}{2} \times 8) \\ &= 126 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - \phi_{Dx} - \frac{1}{2} \phi_{Dy} \\ &= 150 - 20 - 8 - (\frac{1}{2} \times 8) \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk ρ_{min} yang disyaratkan untuk seluruh mutu beton pelat dengan f_y 240 Mpa $\rho_{min} = 0,0025$ lihat tabel 7 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang”.

Untuk $f_c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85$

- $$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600+240} \\ &= 0,053 \end{aligned}$$

- $\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$
 $= 0,75 \cdot 0,053$
 $= 0,039$

a. Untuk pelat tangga

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,97 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{2,97 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2}$$

$$= 0,0008$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0008 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6$$

$$= 315 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 4,09 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{4,09 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2}$$

$$= 0,0013$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0013 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned}
 A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\
 &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\
 &= 295 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 8,55 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\
 &= \frac{8,55 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2} \\
 &= 0,0028
 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} = 0,0025 < 0,0028 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho = 0,0028$

$$\begin{aligned}
 A_{sty} &= \rho \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\
 &= 0,0028 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\
 &= 330,4 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{tix} = 1,48 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2} \\
 &= \frac{1,48 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2} \\
 &= 0,00043
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$A_{stix} = \rho \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,00043 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6$$

$$= 54,18 \text{ mm}^2$$

b. Untuk pelat bordes

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 1,01 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,01 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2}$$

$$= 0,0003$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0003 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{slx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6$$

$$= 315 \text{ mm}^2$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,22 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2}$$

$$= 0,00007$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00007 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sly} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6$$

$$= 295 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 1,35 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2}$$

$$= \frac{1,35 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2}$$

$$= 0,0004$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0004 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{stx} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6$$

$$= 315 \text{ mm}^2$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 0,79 \text{ kNm}$$

$$\rho = \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dy^2}$$

$$= \frac{0,79 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2}$$

$$= 0,00026$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00026 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$A_{sty} = \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6$$

$$= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6$$

$$= 295 \text{ mm}^2$$

5.3.5. Pemilihan tulangan

Pemilihan tulangan untuk pelat tangga dan bordes disajikan dalam tabel di bawah ini.

Pelat Lantai	M	Mu (kNm)	ρ_{\min}	ρ	As (mm ²)	Tulangan
Untuk Pelat Tangga	m_{lx}	2,97	0,0025	0,0008	315	Φ10 - 200
	m_{ly}	4,09		0,0013	295	Φ10 - 250
	m_{ty}	8,55		0,0028	315	Φ10 - 200
	m_{tix}	1,48	-	0,00043	54,18	Φ10 - 450
Untuk Pelat Bordes	m_{lx}	1,01	0,0025	0,0003	315	Φ10 - 200
	m_{ly}	0,22		0,00007	295	Φ10 - 250
	m_{tx}	1,35		0,0004	315	Φ10 - 200
	m_{ty}	0,83		0,00026	295	Φ10 - 200

Tabel 5.1 Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

5.3.6. Pemeriksaan lebar retak

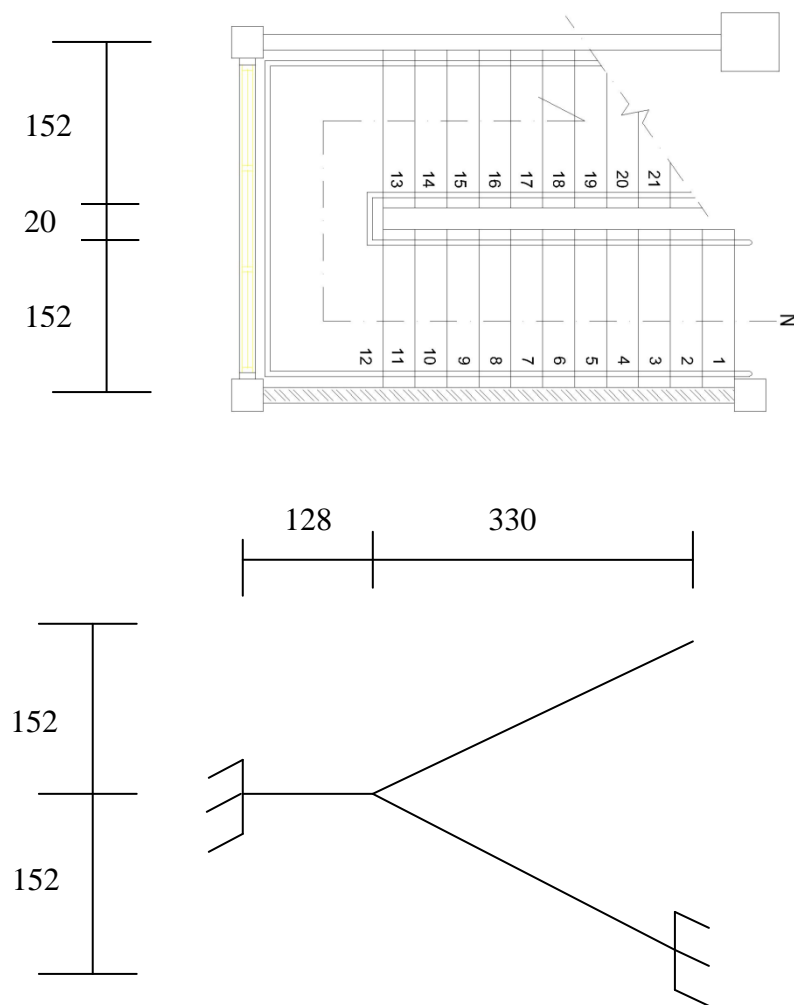
Untuk f_y 240 Mpa tidak memerlukan pemeriksaan lebar retak.

5.4 Data Teknis Perencanaan Tangga Laboratorium

- Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K300)
- Mutu baja tulangan (f_y) : 240 Mpa
- Tinggi tanjakan/optrede (t) : 18 cm
- Lebar tanjakan/antrede (l) : 30 cm
- Lebar bordes (lb) : 128 cm
- Tinggi ruangan (tr) : 420 cm
- Tinggi dasar sampe bordes : 210 cm
- Tebal selimut beton (p) : 2 cm
- Tebal keramik max (hk) : 1 cm
- Tebal spesi (hs) : 2 cm

5.3 Perencanaan Tangga Laboratorium Lantai 1-2 dan Lantai 2-3

Rencana tangga laboratorium lantai 1-2 dan lantai 2-3 Gedung PTIK Universitas Negeri Semarang dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 5.2 Rencana Tangga Laboratorium Lantai 1-2 dan Lantai 2-3

- Syarat $2 \cdot t + 1 = 60$ s/d 65

$$2 \cdot t + 1 = (2 \cdot 18) + 30$$

$$= 66 \quad (\text{OK})$$

- Jumlah anak tangga (antrade) $= \frac{tr}{t}$

$$= \frac{420}{18}$$

$$= 24 \text{ buah}$$

- Jumlah optrede $= \frac{lb}{t}$
 $= \frac{128}{18}$
 $= 7,11 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$
- Kemiringan tangga (α) $= \text{arc tan} \cdot \frac{t}{l}$
 $= \text{arc tan} \cdot \frac{18}{30}$
 $= 31^\circ$

Keterangan:

- t : tinggi anak tangga (tinggi tanjakan = optrede)
- l : lebar anak tangga (lebar injakan = antrede)
- tr : tinggi ruangan
- lb : lebar bordes

5.5.1. Menentukan tebal pelat

- Tebal pelat tangga

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat (h}_{\min}) &= \frac{1}{27} \cdot l_{tx} \\ &= \frac{1}{27} \cdot 330 \\ &= 12,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tebal pelat bordes

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat (h}_{\min}) &= \frac{1}{27} \cdot l_{by} \\ &= \frac{1}{27} \cdot 332 \\ &= 12,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

Keterangan:

- l_{tx} : lebar tangga arah x
- l_{by} : lebar bordes arah y

Tebal pelat tangga dan pelat bordes dipakai 15 cm dengan lebar tanjakan 30 cm dan tinggi tanjakan 18 cm.

5.5.2. Pembebanan tangga

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 diperoleh:

- Berat beton bertulang (Bb) : 2400 kg/m^3
- Berat penutup lantai keramik (Wk) : 24 kg/m^2
- Berat adukan semen per cm tebal (Ws): 21 kg/m^2
- Beban hidup untuk tangga : 300 kg/m^2

c. Beban tangga

➤ Beban mati (W_D)

- Beban pelat tangga (W_p) = $h \cdot B_b$

$$= 0,15 \cdot 24$$

$$= 3,6 \text{ kN/m}^2$$

- Beban reling tangga perkiraan (W_r) = $0,15 \text{ kN/m}^2$

- Total beban mati (W_D) = $W_p + W_k + W_s + W_r$

$$= 3,6 + 0,24 + 0,21 + 0,15$$

$$= 4,2 \text{ kN/m}^2$$

➤ Beban hidup (W_L) = 3 kN/m^2

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Beban ultimed (Wut)} &= 1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L \\
 &= (1,2 \cdot 4,2) + (1,6 \cdot 3) \\
 &= 9,84 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

d. Beban bordes

➤ Beban mati (W_D)

$$\text{▪ Beban pelat tangga (Wp)} = h \cdot Bb$$

$$= 0,15 \cdot 24$$

$$= 3,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{▪ Total beban mati (W_D)} = W_p + W_k + W_s$$

$$= 3,6 + 0,24 + 0,21$$

$$= 4,05 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{➤ Beban hidup (W_L)} = 3 \text{ kN/m}^2$$

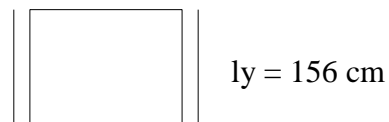
$$\text{➤ Beban ultimed (Wub)} = 1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$$

$$= (1,2 \cdot 4,05) + (1,6 \cdot 3)$$

$$= 9,66 \text{ kN/m}^2$$

5.5.3. Perhitungan momen

c. Untuk pelat tangga



$$l_x = 330 \text{ cm}$$

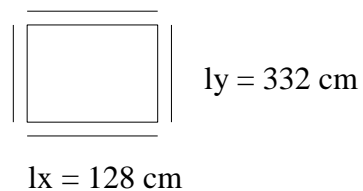
Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar

Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_y/l_x = 1,0$ untuk kasus IV^A

didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,024 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,024 \cdot 9,84 \cdot 3,30^2$
 $= 2,57 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,033 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,033 \cdot 9,84 \cdot 3,30^2$
 $= 3,53 \text{ kNm}$
- $m_{ty} = 0,069 \cdot W_{ut} \cdot l_x^2$
 $= 0,069 \cdot 9,84 \cdot 3,30^2$
 $= 7,39 \text{ kNm}$
- $m_{tx} = \frac{1}{2} \cdot m_{lx}$
 $= \frac{1}{2} \cdot 2,57$
 $= 1,28 \text{ kNm}$

d. Untuk pelat bordes



Momen – momen ditentukan sesuai tabel 14 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” pada $l_{y2}/l_{x2} = 2,5$ untuk kasus II didapatkan momen – momen sebagai berikut:

- $m_{lx} = 0,062 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$
 $= 0,062 \cdot 9,66 \cdot 1,28^2$
 $= 0,98 \text{ kNm}$
- $m_{ly} = 0,014 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$

$$= 0,014 \cdot 9,66 \cdot 1,28^2$$

$$= 0,22 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{tx} = 0,083 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$$

$$= 0,083 \cdot 9,66 \cdot 1,28^2$$

$$= 1,31 \text{ kNm}$$

$$\cdot m_{ty} = 0,051 \cdot W_{ub} \cdot l_x^2$$

$$= 0,051 \cdot 9,66 \cdot 1,28^2$$

$$= 0,80 \text{ kNm}$$

Keterangan :

- m_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah x
- m_{ty} = momen tumpuan maksimum per meter lebar diarah y
- m_{ix} = momen jepit tak terduga per meter lebar diarah x

5.5.4. Perhitungan tulangan

Tebal pelat (h) = 150 mm, penutup beton menurut tabel 3 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang” ($\phi_D < 36$ mm) : selimut beton (p) = 20 mm, diameter tulangan utama diperkirakan $\phi_D = 8$ mm pada dua arah.

- Tinggi efektif (d) dalam arah x

$$d_x = h - p - \frac{1}{2} \phi_D$$

$$= 150 - 20 - (\frac{1}{2} \times 8)$$

$$= 126 \text{ mm}$$

- Tinggi efektif (d) dalam arah y

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - \phi_{Dx} - \frac{1}{2} \phi_{Dy} \\ &= 150 - 20 - 8 - (\frac{1}{2} \times 8) \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Untuk ρ_{\min} yang disyaratkan untuk seluruh mutu beton pelat dengan f_y 240 Mpa $\rho_{\min} = 0,0025$ lihat tabel 7 buku “Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang”.

Untuk $f_c \leq 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85$

- $$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \\ &= \frac{0,85 \cdot 25 \cdot 0,85}{240} \cdot \frac{600}{600+240} \\ &= 0,053 \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot 0,053 \\ &= 0,039 \end{aligned}$$

c. Untuk pelat tangga

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 2,57 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{2,57 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2} \\ &= 0,0007 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0007 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{slx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6 \\ &= 315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 3,53 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{3,53 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2} \\ &= 0,0004 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0004 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\ &= 295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 7,39 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{7,39 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2} \\ &= 0,0024 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,0024 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{sty} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d_y \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\ &= 295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen jepit tak terduga dalam arah x

$$m_{tx} = 1,28 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{1,28 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2} \\ &= 0,00037 \end{aligned}$$

Pemeriksaan ρ_{\min} untuk momen jepit tak terduga tidak diperlukan.

$$\begin{aligned} A_{stix} &= \rho \cdot b \cdot d_x \cdot 10^6 \\ &= 0,00037 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6 \\ &= 46,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- d. Untuk pelat bordes

- Momen lapangan dalam arah x

$$m_{lx} = 0,98 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{M_u}{0,9 \cdot f_y \cdot b \cdot d_x^2} \\ &= \frac{0,98 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2} \\ &= 0,00028 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00028 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{slx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6 \\ &= 315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen lapangan dalam arah y

$$m_{ly} = 0,22 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{0,22 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2} \\ &= 0,00007 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00007 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{sly} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\ &= 295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah x

$$m_{tx} = 1,31 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dx^2} \\ &= \frac{1,31 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,126^2} \\ &= 0,00038 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00038 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{stx} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dx \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,126 \cdot 10^6 \\ &= 315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan dalam arah y

$$m_{ty} = 0,80 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{Mu}{0,9 \cdot fy \cdot b \cdot dy^2} \\ &= \frac{0,80 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 240 \cdot 1 \cdot 0,118^2} \\ &= 0,00026 \end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} > \rho < \rho_{\max} = 0,0025 > 0,00026 < 0,037$ maka yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0,0025$

$$\begin{aligned} A_{sty} &= \rho_{\min} \cdot b \cdot dy \cdot 10^6 \\ &= 0,0025 \cdot 1 \cdot 0,118 \cdot 10^6 \\ &= 295 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

5.5.5. Pemilihan tulangan

Pemilihan tulangan untuk pelat tangga dan bordes disajikan dalam tabel di bawah ini.

Pelat Lantai	M	Mu (kNm)	ρ_{\min}	ρ	As (mm ²)	Tulangan
Untuk Pelat Tangga	m_{lx}	2,57	0,0025	0,0007	315	Φ10 - 200
	m_{ly}	3,53		0,0004	295	Φ10 - 250

	m_{ty}	7,39		0,0024	295	$\Phi 10 - 250$
	m_{tiX}	1,28	-	0,00037	46,62	$\Phi 10 - 450$
Untuk Pelat Bordes	m_{lx}	0,98	0,0025	0,00028	315	$\Phi 10 - 200$
	m_{ly}	0,22		0,00007	295	$\Phi 10 - 250$
	m_{tx}	1,31		0,00038	315	$\Phi 10 - 200$
	m_{ty}	0,80		0,00026	295	$\Phi 10 - 200$

Tabel 5.2 Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

5.5.6. Pemeriksaan lebar retak

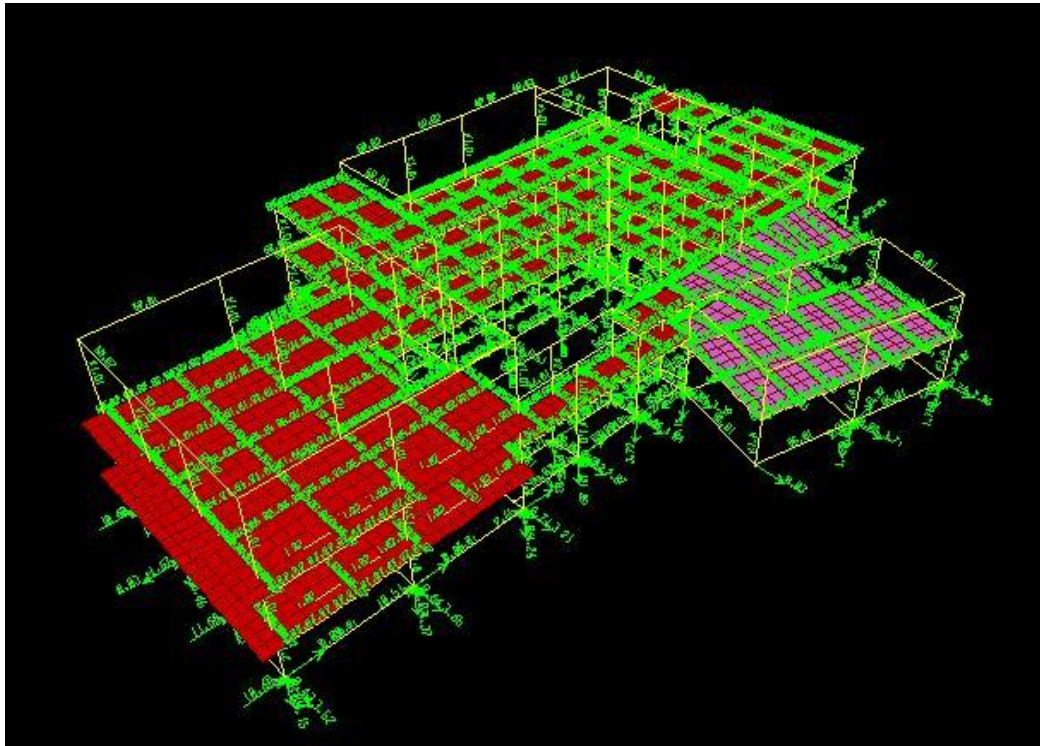
Untuk f_y 240 Mpa tidak memerlukan pemeriksaan lebar retak.

BAB VI

PERENCANAAN PORTAL

6.1 Perencanaan Portal

Perencanaan portal terdiri dari perencanaan balok sloof, balok induk, balok anak, dan kolom. Kolom dan balok dicor secara monolit untuk menahan gaya gravitasi dan gempa bumi. Pembebanan portal meliputi beban mati (berat sendiri balok, berat sendiri kolom, berat sendiri pelat lantai dan berat dinding yang bekerja di atas balok) , beban hidup (berasal dari fungsi bangunan tersebut dan ditentukan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983) dan beban gempa (perencanaan beban gempa berdasarkan pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung SNI 03 – 1726 – 2002). Perencanaan portal dibantu program SAP 2000 v10. Permodelan struktur lantai 1 sampai lantai 3 gedung PTIK Universitas Negeri Semarang dapat dilihat pada gambar SAP v10 seperti gambar di bawah ini.



Gambar 6.1 Permodelan Struktur Gedung PTK UNNES

6.2 Data Teknis Perencanaan Portal

- Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K-300)
- Mutu tulangan baja (f_y) :
 - F_y 2400 kg/cm^2 atau U24 (tulangan polos) untuk diameter < diameter 13
 - F_y 3900 kg/cm^2 atau U39 (tulangan deform/ulir) untuk diameter > diameter 13
- Berat beton bertulang (Bb) : 2400 kg/m^3
- Berat penutup lantai keramik (Wk) : 24 kg/m^2
- Berat adukan semen per cm tebal (Ws) : 21 kg/m^2

- Berat pasir kondisi lembab : 1850 kg/m^3
- Berat plafon & penggantung (W_{pf}) : 18 kg/m^2
- Tebal pelat lantai (h_{pelat}) : 12 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Tinggi lantai :
 - Lantai 1 : 4,20 m
 - Lantai 2 : 4,20 m
 - Lantai 3 : 5,7 m
- Tinggi bangunan (h_b) : 14,1 m
- Beban hidup untuk gedung kuliah : 250 kg/m^2
- Beban mati kuda-kuda : $5613,26 \text{ kg/m}$

6.3 Kombinasi Pembebanan Portal

Kombinasi pembebanan yang ditinjau dalam analisis program SAP

2000 v10 sebagai berikut:

1. Kombinasi pembebanan tetap

- $U = 1,2 \text{ DL} + 1,6\text{LL}$

2. Kombinasi pembebanan sementara

- $U = 1,2 \text{ DL} + 0,5\text{LL} + 1,0 \text{ (I/R) EQ}_x + 0,3 \text{ (I/R) EQ}_y$

- $U = 1,2 \text{ DL} + 0,5\text{LL} + 0,3 \text{ (I/R) EQ}_x + 1,0 \text{ (I/R) EQ}_y$

Keterangan:

- DL : beban mati
- LL : beban hidup

- I : faktor keutamaan
- R : respons spectrum
- EQ_x : beban gempa arah x
- EQ_y : beban gempa arah y

6.4 Massa Struktur Portal

1. Beban pada lantai 1

a. beban mati

- Berat kolom K1.A, K1.B, K1.C dan K1.D (W_{k1})

$$= \text{jumlah kolom} \cdot b \cdot h \cdot t \cdot B_b$$

$$= 46 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 4,20 \cdot 2400$$

$$= 140263,2 \text{ kg}$$
- Berat kolom K2.A (W_{k2})

$$= \text{jumlah kolom} \cdot b \cdot h \cdot t \cdot B_b$$

$$= 13 \cdot 0,30 \cdot 0,30 \cdot 4,20 \cdot 2400$$

$$= 11793,6 \text{ kg}$$
- Berat balok BS.01 (W_{b1})

$$= \text{panjang balok} \cdot b \cdot h \cdot t$$

$$= 261 \cdot 0,30 \cdot 0,60 \cdot 2400$$

$$= 112752 \text{ kg}$$
- Berat balok BS.02 dan BS.03 (W_{b2})

$$= \text{panjang balok} \cdot b \cdot h \cdot t$$

$$= 363 \cdot 0,30 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 104544 \text{ kg}$$
- Berat dinding tinggi 4,20 m (W_d)

$$= \text{pjng dinding} \cdot \text{brt dinding} \cdot t$$

$$= 341 \cdot 250 \cdot 4,20$$

$$= 358050 \text{ kg}$$

- Berat tangga (Wt) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb

$$= 0,15 . 38,5 . 2400$$

$$= 13860 \text{ kg}$$
- Berat plafon (Wp) = luas langit – langit . Wpf

$$= 1303,36 . 18$$

$$= 23460,48 \text{ kg}$$
- Berat keramik (Wk) = luas lantai . Wk

$$= 1303,36 . 24$$

$$= 31280,64 \text{ kg}$$
- Berat pasir (Wps) = tebal pasir . luas lantai . berat pasir lembab

$$= 0,10 . 1303,36 . 1850$$

$$= 241121,6 \text{ kg}$$
- Berat spesi (Ws) = tebal spesi . luas lantai . Ws

$$= 0,03 . 1303,36 . 21$$

$$= 821,11 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban mati (WD)} &= Wk_1 + Wk_2 + Wb_1 + Wb_2 + Wd + Wt + \\
 &\quad Wp + Wk + Wps + Ws \\
 &= 140263,2 + 11793,6 + 112752 + 104544 + \\
 &\quad 358050 + 13860 + 23460,48 + 31280,64 + \\
 &\quad 241121,6 + 821,11 \\
 &= 1037946,63 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Beban hidup (WL)} &= \text{luas lantai} \cdot \text{beban hidup} \\
 &= 1303,36 \cdot 250 \\
 &= 325840 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Beban rencana atau ultimed (W_u) = $W_D + 0,3W_L$

$$\begin{aligned}
 &= 1037946,63 + (0,3 \cdot 325840) \\
 &= 1135698,63 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Beban pada lantai 2

a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Berat kolom K1.A, K1.B, K1.B', K1.C' dan K1.D' (} W_{k_1} \text{)} \\
 &= \text{jumlah kolom} \cdot b \cdot h \cdot t \cdot B_b \\
 &= 46 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 4,20 \cdot 2400 \\
 &= 140263,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Berat kolom K2.A, K2.B (} W_{k_2} \text{)} &= \text{jumlah kolom} \cdot b \cdot h \cdot t \cdot B_b \\
 &= 12 \cdot 0,30 \cdot 0,30 \cdot 4,20 \cdot 2400 \\
 &= 10886,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Berat balok G1.01, G1.02, G1.03 dan G1.04 (} W_{b_{g11}} \text{)} \\
 &= \text{panjang balok} \cdot b \cdot h \cdot B_b \\
 &= 261 \cdot 0,40 \cdot 0,80 \cdot 2400 \\
 &= 200448 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Berat balok G1.05 (} W_{b_{g12}} \text{)} &= \text{panjang balok} \cdot b \cdot h \cdot B_b \\
 &= 34,86 \cdot 0,40 \cdot 0,50 \cdot 2400 \\
 &= 16732,8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Berat balok GX.01 (Wb_{gx}) = panjang balok . b . h . Bb
= 9 . 0,40 . 0,90 . 2400
= 7776 kg
- Berat balok G2.01 (Wb_{g21}) = panjang balok . b . h . Bb
= 54 . 0,30 . 0,60 . 2400
= 23328 kg
- Berat balok G2.01a (Wb_{g21a}) = panjang balok . b . h . Bb
= 7,72 . 0,30 . 0,60 . 2400
= 3335,04 kg
- Berat balok G2.02 (Wb_{g22}) = panjang balok . b . h . Bb
= 25 . 0,30 . 0,60 . 2400
= 10800 kg
- Berat balok G2.03 (Wb_{g23}) = panjang balok . b . h . Bb
= 6 . 0,30 . 0,60 . 2400
= 2592 kg
- Berat balok G3.01 (Wb_{g31}) = panjang balok . b . h . Bb
= 90 . 0,30 . 0,50 . 2400
= 32400 kg
- Berat balok G3.02 (Wb_{g32}) = panjang balok . b . h . Bb
= 5 . 0,30 . 0,50 . 2400
= 1800 kg
- Berat balok G4.01 (Wb_{g41}) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 27 \cdot 0,30 \cdot 0,70 \cdot 2400$$

$$= 13608 \text{ kg}$$

- Berat balok G5.01 dan G5.02 ($W_{b_{g51}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 225,5 \cdot 0,20 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 43296 \text{ kg}$$

- Berat balok G6.01 ($W_{b_{g61}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 94,5 \cdot 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 22680 \text{ kg}$$

- Berat balok G6.02 ($W_{b_{g62}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 7,50 \cdot 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 1800 \text{ kg}$$

- Berat balok G7.01 ($W_{b_{g71}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 27 \cdot 0,20 \cdot 0,20 \cdot 2400$$

$$= 64800 \text{ kg}$$

- Berat pelat lantai (W_{pt}) = h_{pelat} . luas lantai . Bb

$$= 0,12 \cdot 1303,36 \cdot 2400$$

$$= 375367,68 \text{ kg}$$

- Berat dinding tinggi 4,20 m (W_d) = pjng dinding . brt dinding . t

$$= 365 \cdot 250 \cdot 4,20$$

$$= 383250 \text{ kg}$$

- Berat tangga (W_t) = tebal pelat tangga . luas tangga . Bb

$$= 0,15 \cdot 38,59 \cdot 2400$$

$$= 13892,4 \text{ kg}$$

- Berat plafon (W_p) = luas langit – langit . W_{pf}

$$= 1303,36 \cdot 18$$

$$= 23460,48 \text{ kg}$$

- Berat keramik (W_k) = luas lantai . W_k

$$= 1303,36 \cdot 24$$

$$= 31280,64 \text{ kg}$$

- Berat spesi (W_s) = tebal spesi . luas lantai . W_s

$$= 0,03 \cdot 1303,36 \cdot 21$$

$$= 821,11 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Total beban mati (WD)} &= W_{k1} + W_{k2} + W_{b_{g11}} + W_{b_{g12}} + W_{b_{gx}} + W_{b_{g21}} + \\ &W_{b_{g21a}} + W_{b_{g22}} + W_{b_{g23}} + W_{b_{g31}} + W_{b_{g32}} + \\ &W_{b_{g41}} + W_{b_{g51}} + W_{b_{g61}} + W_{b_{g62}} + W_{b_{g71}} + W_{pt} \\ &+ W_d + W_t + W_p + W_k + W_s \\ &= 140263,2 + 10886,4 + 200448 + 16732,8 + \\ &7776 + 23328 + 3335,04 + 10800 + 2592 + \\ &32400 + 1800 + 13608 + 43296 + 21600 + \\ &1800 + 64800 + 375367,68 + 383250 + \\ &13892,4 + 23460,48 + 31280,64 + 821,11 \\ &= 1423537,75 \text{ kg} \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (W_L) = luas lantai . beban hidup
$$= 1303,36 \cdot 250$$

$$= 325840 \text{ kg}$$

c. Beban rencana atau ultimed (W_u) = $WD + 0,3WL$

$$= 1423537,75 + (0,3 \cdot 325840)$$

$$= 1521289,75 \text{ kg}$$

3. Beban pada lantai 3

a. Beban mati

- Berat kolom K1.D' (W_{k_1}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb

$$= 32 \cdot 0,55 \cdot 0,55 \cdot 5,90 \cdot 2400$$

$$= 137068,8$$
- Berat kolom K2.A dan K2.B (W_{k_2}) = jumlah kolom . b . h . t . Bb

$$= 9 \cdot 0,30 \cdot 0,30 \cdot 5,90 \cdot 2400$$

$$= 11469,6 \text{ kg}$$
- Berat balok G1.01, G1.02, G1.03 dan G1.04 ($W_{b_{g11}}$)

$$= \text{panjang balok} \cdot b \cdot h \cdot Bb$$

$$= 261 \cdot 0,40 \cdot 0,80 \cdot 2400$$

$$= 200448 \text{ kg}$$
- Berat balok G1.05 ($W_{b_{g12}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 34,86 \cdot 0,40 \cdot 0,50 \cdot 2400$$

$$= 16732,8 \text{ kg}$$
- Berat balok GX.01 ($W_{b_{gx}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 9 \cdot 0,40 \cdot 0,90 \cdot 2400$$

$$= 7776 \text{ kg}$$

- Berat balok G2.01 (Wb_{g21}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 54 . 0,30 . 0,60 . 2400
 = 23328 kg
- Berat balok G2.01a (Wb_{g21a}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 7,72 . 0,30 . 0,60 . 2400
 = 3335,04 kg
- Berat balok G2.02 (Wb_{g22}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 25 . 0,30 . 0,60 . 2400
 = 10800 kg
- Berat balok G2.03 (Wb_{g23}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 6 . 0,30 . 0,60 . 2400
 = 2592 kg
- Berat balok G3.01 (Wb_{g31}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 99,66 . 0,30 . 0,50 . 2400
 = 32277,6 kg
- Berat balok G3.02 (Wb_{g32}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 5 . 0,30 . 0,50 . 2400
 = 1800 kg
- Berat balok G4.01 (Wb_{g41}) = panjang balok . b . h . Bb
 = 27 . 0,30 . 0,70 . 2400
 = 13608 kg
- Berat balok G5.01 dan G5.02 (Wb_{g51}) = panjang balok . b . h .
 Bb

$$= 211,5 \cdot 0,20 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 40608 \text{ kg}$$

- Berat balok G6.01 ($W_{b_{g61}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 85,5 \cdot 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 20520 \text{ kg}$$

- Berat balok G6.02 ($W_{b_{g62}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 5,50 \cdot 0,25 \cdot 0,40 \cdot 2400$$

$$= 1320 \text{ kg}$$

- Berat balok G7.01 ($W_{b_{g71}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 9 \cdot 0,20 \cdot 0,20 \cdot 2400$$

$$= 864 \text{ kg}$$

- Berat balok GR.01 ($W_{b_{gr1}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 144 \cdot 0,30 \cdot 0,7 \cdot 2400$$

$$= 72576 \text{ kg}$$

- Berat balok GR.02 ($W_{b_{gr2}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 84 \cdot 0,30 \cdot 0,50 \cdot 2400$$

$$= 30240 \text{ kg}$$

- Berat balok GR.03 ($W_{b_{gr3}}$) = panjang balok . b . h . Bb

$$= 16 \cdot 0,30 \cdot 0,50 \cdot 2400$$

$$= 5760 \text{ kg}$$

- Berat pelat lantai (W_{pt}) = h_{pelat} . luas lantai . Bb

$$= 0,12 \cdot 1142,44 \cdot 2400$$

$$= 329022,72 \text{ kg}$$

- Berat pelat dak (Wpd) $= h_{\text{pelat}} \cdot \text{luas dak} \cdot Bb$
 $= 0,12 \cdot 174,22 \cdot 2400$
 $= 27129,6 \text{ kg}$
- Berat dinding tinggi 5,7 m (Wd) $= \text{pjng dinding} \cdot \text{brt dinding} \cdot t$
 $= 293,15 \cdot 250 \cdot 5,7$
 $= 417738,75 \text{ kg}$
- Berat plafon (Wp) $= \text{luas langit – langit} \cdot W_{\text{pf}}$
 $= 1142,44 \cdot 18$
 $= 20563,92 \text{ kg}$
- Berat keramik (Wk) $= \text{luas lantai} \cdot Wk$
 $= 1142,44 \cdot 24$
 $= 27418,56 \text{ kg}$
- Berat spesi (Ws) $= \text{luas lantai} \cdot Ws$
 $= 0,03 \cdot 1142,44 \cdot 21$
 $= 719,73 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban mati (WD)} &= Wk_1 + Wk_2 + Wb_{g11} + Wb_{g12} + Wb_{gx} + Wb_{g21} + \\
 &Wb_{g21a} + Wb_{g22} + Wb_{g23} + Wb_{g31} + Wb_{g32} + \\
 &Wb_{g41} + Wb_{g51} + Wb_{g61} + Wb_{g62} + Wb_{g71} + \\
 &Wb_{gr1} + Wb_{gr2} + Wb_{gr3} + W_{\text{pt}} + W_{\text{pd}} + W_{\text{d}} + \\
 &W_{\text{p}} + W_{\text{k}} + W_{\text{s}} \\
 &= 137068,8 + 11469,6 + 200448 + 16732,8 + 7776 \\
 &+ 23328 + 3335,04 + 10800 + 2592 + 32277 + \\
 &1800 + 40608 + 20520 + 864 + 72576 + 30240
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ 5760 + 329022,72 + 27129,6 + 417738,75 + \\
 &20563,92 + 27418,56 + 719,73 \\
 &= 1440788,52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban hidup

- Beban hidup (WL) = luas lantai . beban hidup

$$\begin{aligned}
 &= 1142,44 \cdot 250 \\
 &= 285610 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Beban rencana atau ultimed (W_u) = $W_D + 0,3W_L$

$$\begin{aligned}
 &= 1440788,52 + (0,3 \cdot 285610) \\
 &= 1526471,52 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

6.5. Perencanaan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur. Pendimensian kolom gedung PTIK UNNES direncanakan sesuai dengan perencanaan pelaksanaan proyek, seperti pada table 6.1.

Dimensi kolom sebagai berikut:

No	Type Kolom	Lebar (b)	Tinggi (h)
		(cm)	(cm)
1	K1.A	55	55
2	K1.B	55	55
3	K1.C	55	55
4	K1.D	55	55
5	K2.A	30	30
6	K2.B	30	30
7	K1.B'	55	55
8	K1.C'	55	55
9	K1.D'	55	55

Tabel 6.1 Dimensi Kolom

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan kolom dibantu program SAP 2000 v10 sebagai berikut:

1. Kolom K1.A

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3025 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 4534,16 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D 19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 1,144 mm²/mm (1144 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{50} \\
 &= 1571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 50 mm (P10-50) dengan luas 1571 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 1,244 mm²/mm (1244 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{50} \\
 &= 1571 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 50 mm (P10-50) dengan luas 1571 mm².

2. Kolom K1.B

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3025 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 4534,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

3. Kolom K1.C

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3025 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 4534,16 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\text{Luas} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 1047 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\text{Luas} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 1047 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm²

4. Kolom K1.D

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3025 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 4534,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D 19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,806 mm²/mm (806 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,806 mm²/mm (806 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

5. Kolom K1.B'

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 4298,47 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 4534,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \end{aligned}$$

$$= 1047 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 1,072 mm²/mm (1072 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{50} \\ &= 1571 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 50 mm (P10-50) dengan luas 1571 mm²

6. Kolom K1.C'

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3025 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 4534,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,805 mm²/mm (805 mm²). Walaupun tertera angka nol tetap dipasang sengkang minimum.

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,806 mm²/mm (806 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1047 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

7. Kolom K1.D'

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 3324,76 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 16 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 4534,16 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 16 buah tulangan deform diameter 19 mm (16 D 19) dengan luas 4534,16 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,806 mm²/mm (806 mm²)

$$\text{Luas} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 1047 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,806 mm²/mm (806 mm²)

$$\text{Luas} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 1047 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (P10-75) dengan luas 1047 mm².

8. Kolom K2.A

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 900 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\ &= 1607,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 8 buah tulangan deform diameter 16 mm (8 D16) dengan luas 1607,68 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,439 mm²/mm (439 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{150} \\ &= 524 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (P10-100) dengan luas 524 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,439 mm²/mm (439 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{150} \end{aligned}$$

$$= 524 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (P10-100) dengan luas 524 mm²

9. Kolom K2.B

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- Longitudinal reinforcement (tulangan pokok) = 900 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2$$

$$= 1607,68 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 8 buah tulangan deform diameter 16 mm (12 D16) dengan luas 1607,68 mm².

- Major shear reinforcement (tulangan geser sumbu kuat) = 0,439 mm²/mm (439 mm²).

$$\text{Luas} = \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{150}$$

$$= 524 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (P10-100) dengan luas 524 mm².

- Minor shear reinforcement (tulangan geser sumbu lemah) = 0,439 mm²/mm (439 mm²).

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2 \cdot \frac{1000}{150} \\ &= 524 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (P10-100) dengan luas 524 mm²

Dari perhitungan pemilihan tulangan di atas secara lebih ringkas disajikan pada tabel di bawah ini.

Type Kolom	B (cm)	h (cm)	Jenis Tulangan	Luas Tulangan (mm ²)	Tulangan	Luas Tulangan yang dipakai (mm ²)
K1.A	55	55	Tulangan pokok	3025	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	1144	P10 - 50	1571
			Tulangan geser sumbu lemah	1244	P10 - 50	1571
K1.B	55	55	Tulangan pokok	3025	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	806	P10 - 75	1047
			Tulangan geser sumbu lemah	806	P10 - 75	1047
K1.C	55	55	Tulangan pokok	3025	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	806	P10 - 75	1047
			Tulangan geser sumbu lemah	806	P10 - 75	1047
K1.D	55	55	Tulangan pokok	3025	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser	806	P10 - 75	1047

			sumbu kuat			
			Tulangan geser sumbu lemah	806	P10 - 75	1047
K1.B'	55	55	Tulangan pokok	4298,47	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	806	P10 - 75	1047
			Tulangan geser sumbu lemah	1072	P10 - 50	1571
K1.C'	55	55	Tulangan pokok	3471,035	12 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	1070	P10 - 50	1571
			Tulangan geser sumbu lemah	806	P10 - 75	1047
K1.D'	55	55	Tulangan pokok	3324,76	16 D 19	4534,16
			Tulangan geser sumbu kuat	806	P10 - 75	1047
			Tulangan geser sumbu lemah	806	P10 - 75	1047
K2.A	30	30	Tulangan pokok	900	8 D 16	1607,68
			Tulangan geser sumbu kuat	439	P10 - 100	785
			Tulangan geser sumbu lemah	439	P10 - 100	785
K2.B	30	30	Tulangan pokok	900	8 D 16	1607,68
			Tulangan geser sumbu kuat	439	P10 - 100	785
			Tulangan geser sumbu lemah	439	P10 - 100	785

Tabel 6.2 Tulangan Kolom

6.6 Perencanaan Balok

Balok merupakan bagian struktur yang digunakan sebagai dudukan lantai dan pengikat kolom lantai atas. Fungsinya adalah sebagai rangka penguat horizontal bangunan akan beban-beban. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja

dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan baja tarik saja. Pendimensian balok gedung PTIK UNNES direncanakan sesuai dengan rumus di bawah ini:

$$H = L/14 - L/12 \text{ (tanpa prestress) ; } B = H/2$$

Keterangan:

- H = Tinggi balok beton
- B = Lebar balok beton
- L = Panjang balok beton

Sesuai rumus di atas didapatkan dimensi balok sebagai berikut:

No	Type Balok	Lebar Balok (b) Cm	Tinggi Balok (h) cm
1	BS.01	30	60
2	BS.02	30	40
3	BS.03	30	40
4	G1.01	40	80
5	G1.02	40	80
6	G1.03	40	80
7	G1.04	40	80
8	G1.05	40	80
9	GX.01	40	90
10	G2.01	30	60
11	G2.01a	30	60
12	G2.02	30	60
13	G2.03	30	60
14	G3.01	30	50
15	G3.02	30	50
16	G4.01	30	70
17	G5.01	20	40
18	G5.02	20	40
19	G6.01	25	40

20	G6.02	25	40
21	G7.01	20	20
22	GA.01	30	70
23	GA.02	30	50
24	GA.03	20	40
25	GA.04	25	40
26	GA.05	25	40
27	GA.04a	25	40
28	GR.01	30	70
29	GR.02	30	70
30	GR.03	30	50

Tabel 6.3 Dimensi Balok

Untuk memudahkan perhitungan, dalam mencari kebutuhan tulangan balok dibantu program SAP 2000 v10 dengan luas tulangan sebagai berikut:

1. Balok BS.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 1282,84 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2$$

$$= 1407 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 7 buah tulangan deform diameter 16 mm (7 D16) dengan luas 1407 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 616,03 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2$$

$$= 804 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 16 mm (4 D16) dengan luas 804 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,377 mm²/mm (377 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1621,79 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 14^2$$

$$= 1232 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 8 buah tulangan polos diameter 14 mm (8 D14) dengan luas 1232 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 403,18 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2$$

$$= 804 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 16 mm (3 D16) dengan luas 804 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 774,03 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2$$

$$= 804 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 16 mm (5 D16) dengan luas 804 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

2. Balok BS.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 775,35 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\ &= 1005 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 16 mm (5 D16) dengan luas 1005 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 373,16 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\ &= 603 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 16 mm (3 D16) dengan luas 603 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 0,439 mm²/mm (439 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{200} \\ &= 502,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 200 mm (2 P8-200) dengan luas 502,4 mm²

- $T_{IngArea}$ (tulangan pokok untuk torsi) = 489,932 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 12^2 \\
 &= 679 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 6 buah tulangan polos diameter 12 mm (6 P12) dengan luas 679 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 169,23 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 567 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 342,51 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 1418 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

3. Balok BS.03

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 625,80 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\
 &= 804 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 16 mm (4 D16) dengan luas 805 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 447,55 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 603 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 16 mm (3 D16) dengan luas 603 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,972 mm²/mm (972 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 10 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 489,93 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 12^2 \\ &= 679 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 6 buah tulangan polos diameter 12 mm (6 P12) dengan luas 679 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 199,54 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\ &= 402 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 16 mm (2 D16) dengan luas 402 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 199,54 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 16^2 \\ &= 402 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 16 mm (2 D16) dengan luas 402 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,856 mm²/mm (856 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

4. Balok G1.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 2363,29 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 9 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 2552 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 9 buah tulangan deform diameter 19 mm (9 D19) dengan luas 2552 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 1134,21 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,573 mm²/mm (2573 mm²)

$$\text{Luas} = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 2679,46 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (4 P8-75) dengan luas 2679,46 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,29 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1770,50 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1859 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 7 buah tulangan deform diameter 19 mm (7 D19) dengan luas 1859 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 544,96 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 853 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 853 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,530 mm²/mm (2530 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 2679,46 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (4 P8-250) dengan luas 2679,46 mm²

5. Balok G1.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1779,09 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1985 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 7 buah tulangan deform diameter 19 mm (7 D19) dengan luas 1985 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 1054,60 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,855 mm²/mm (1855 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (3 P8-75) dengan luas 2009,6 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,29 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1345,40 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 567,40 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,800 mm²/mm (1800 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (3 P8-75) dengan luas 2009,6 mm²

6. Balok G1.03

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1646,58 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \end{aligned}$$

$$= 1701 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (6 D19) dengan luas 1701 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 1054,60 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1134 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,890 mm²/mm (1890 mm²)

$$\text{Luas} = 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100}$$

$$= 2009,6 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (3 P8-75) dengan luas 2009,6 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,29 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1110,90 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 526,95 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,800 mm²/mm (1800 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (3 P8-75) dengan luas 2009,6 mm²

7. Balok G1.04

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1112,20 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 728,01 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,29 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan polos diameter 19 mm (5 P19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1054,60 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 542,53 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 566,77 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 566,77 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

8. Balok G1.05

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1112,20 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1134 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 728,01 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,29 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan polos diameter 19 mm (5 P19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1054,60 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 542,53 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 566,77 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai sengkang 2 kaki tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

9. Balok G2.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 1218,85 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 586,59 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 0,511 mm²/mm (511 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{150} \\ &= 669,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 150 mm (2 P8-150) dengan luas 669,86 mm²

- T_{IngArea} (tulangan pokok untuk torsi) = 1287,13 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- F_{topArea} (luas tulangan atas) = 812,47 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- F_{botArea} (luas tulangan bawah) = 384,47 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{50} \\
 &= 401,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

10. Balok G2.01a

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1457,07 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 1701 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 6 buah tulangan deform diameter 19 mm (6 D19) dengan luas 1701 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 695,44 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 851 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,333 mm²/mm (333 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 960,70 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan polos diameter 19 mm (4 P19) dengan luas 1134 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1110,11 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 454,02 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,000 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

11. Balok G2.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1063,06 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1134 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 580,03 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,444 mm²/mm (444 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{200}$$

$$= 502,4 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-200) dengan luas 502,4 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 751 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 671,34 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 337,68 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (P8-250) dengan luas 401,92 mm²

12. Balok G2.03

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1229,96 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 591,71 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,526 mm²/mm (526 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{50} \\ &= 669,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 150 mm (2 P10-150) dengan luas 669,89 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1489,14 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1701 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 6 buah tulangan deform diameter 19 mm (6 D19) dengan luas 1701 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 816,74 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 387,56 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

13. Balok G3.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 727,39 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 471,98 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,937 mm²/mm (2937 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 3349,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (5 P8-75) dengan luas 3349,33 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 620,46 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 474,57 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 232,95 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 2,914 mm²/mm (2914 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 3349,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (5 P8-75) dengan luas 3349,33 mm²

14. Balok G3.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 298,99 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 148,31 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 1,451 mm²/mm (1451 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1507,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 188,25 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 73,86 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,375 mm²/mm (1375 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1507,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

15. Balok G4.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1024,22 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 505,76 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 4,207 mm²/mm (4207 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= 7 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\
 &= 4689,06 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (7 P8-75) dengan luas 4689,06 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1314,28 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 1418 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 718,40 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 851 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 251,35 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 4,182 mm²/mm (4182 mm²)

$$\text{Luas} = 7 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 4689,06 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (7 P8-75) dengan luas 4689,06 mm²

16. Balok G5.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 506,38 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 246,07 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,305 mm²/mm (2305 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 2512 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (5 P8-100) dengan luas 2512 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 680,69 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 307,64 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 159,84 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,212 mm²/mm (2212 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 2512 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (5 P8-100) dengan luas 2512 mm^2

17. Balok G5.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = $530,17 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = $254,88 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = $0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (0 mm^2)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 510,06 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 324,58 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 166,89 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = $0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (0 mm^2)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas $401,92 \text{ mm}^2$

18. Balok G6.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = $666,14 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm^2 .

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = $320,18 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,750 mm²/mm (2750 mm²)

$$\text{Luas} = 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 3349,33 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (5 P8-75) dengan luas 3349,33 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1226,76 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 372,57 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- FbotArea (luas tulangan bawah) = $209,63 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = $0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (0 mm^2)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas $401,92 \text{ mm}^2$

19. Balok G6.02

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 728,99 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 348,95 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 1,260 mm²/mm (1260 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (2 P8-75) dengan luas 1339,73 mm²

- $T_{lngArea}$ (tulangan pokok untuk torsi) = 419,26 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 567 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 699,45 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 851 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 335,46 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 567 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

20. Balok G7.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 271,17 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 129,27 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1226,76 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 105,46 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 84,35 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

21. Balok GA.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 996,84 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 647,70 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1226,76 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- **Tulangan lapangan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 717,63 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 319,95 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 685,06 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 445,21 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 620,46 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 474,57 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 219,94 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,00 mm²/mm (0 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250} \\ &= 401,92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

23. Balok GA.03

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 246,07 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 127,08 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = $0,320 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (320 mm^2)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas $3349,33 \text{ mm}^2$

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = $337,29 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = $63,12 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 117,81 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,193 mm²/mm (193 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 401,92 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 250 mm (2 P8-250) dengan luas 401,92 mm²

24. Balok GA.04

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- $F_{topArea}$ (luas tulangan atas) = 341,29 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- $F_{botArea}$ (luas tulangan bawah) = 223,17 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 1,407 mm²/mm (1407 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1507,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

- T_{IngArea} (tulangan pokok untuk torsi) = 419,262 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- **Tulangan lapangan**

- F_{topArea} (luas tulangan atas) = 247,13 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- F_{botArea} (luas tulangan bawah) = 110,56 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- V_{Rebar} (tulangan geser atau sengkang) = 1,387 mm²/mm (1387 mm²)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\
 &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\
 &= 1507,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

25. Balok GA.04a

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 272,45 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\
 &= 567 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 134,69 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\
 &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2
 \end{aligned}$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,062 mm²/mm (1062 mm²)

$$\text{Luas} = 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100}$$

$$= 1507,2 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 411,95 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 190,57 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 66,97 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,047mm²/mm (1047 mm²)

$$\text{Luas} = 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100}$$

$$= 1507,2 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

26. Balok GA.05

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 307,59 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 153,60 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,316 mm²/mm (1316 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1507,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 371,38 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = $185,08 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- FbotArea (luas tulangan bawah) = $92,19 \text{ mm}^2$

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm^2 .

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = $1,299 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (1229 mm^2)

$$\text{Luas} = 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100}$$

$$= 1507,2 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (3 P8-100) dengan luas 1507,2 mm²

27. Balok GR.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 948,73 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1134 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 685,49 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,961 mm²/mm (0,961 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 921,14 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

28. Balok GR.02

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 305,09 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 305,09 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,886 mm²/mm (886 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100} \\ &= 1004,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 615,53 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 401,12 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,788 mm²/mm (788 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{100}$$

$$= 1004,8 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 620,46 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 198,40 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 198,40 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 0,648 mm²/mm (648 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{250}$$

$$= 1004,8 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 100 mm (2 P8-100) dengan luas 1004,8 mm²

29. Balok GR.03

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 637,76 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 415,24 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,082 mm²/mm (1082 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 1339,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (2 P8-75) dengan luas 1339,73 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 620,46 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 3 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 851 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 3 buah tulangan deform diameter 19 mm (3 D19) dengan luas 851 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 474,57 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 567 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 205,31 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 567 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 2 buah tulangan deform diameter 19 mm (2 D19) dengan luas 567 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 1,035 mm²/mm (1035 mm²)

$$\text{Luas} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 1339,73 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (2 P8-75) dengan luas 1339,73 mm²

30. Balok GX.01

Hasil analisis SAP 2000 v10 didapatkan kebutuhan tulangan sebagai berikut:

- **Tulangan tumpuan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 2666,14 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 10 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 2835 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 10 buah tulangan deform diameter 19 mm (10 D19) dengan luas 2835 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 1279,81 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1418 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,818 mm²/mm (2818 mm²)

$$\text{Luas} = 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}}$$

$$= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75}$$

$$= 3349,33 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (5 P8-75) dengan luas 3349,33 mm²

- TlngArea (tulangan pokok untuk torsi) = 1488,33 mm²

$$\text{Luas} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2$$

$$= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2$$

$$= 1701 \text{ mm}^2$$

Maka tulangan yang dipakai 6 buah tulangan deform diameter 19 mm (6 D19) dengan luas 1701 mm².

- **Tulangan lapangan**

- FtopArea (luas tulangan atas) = 1816,85 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1418 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 5 buah tulangan deform diameter 19 mm (5 D19) dengan luas 1418 mm².

- FbotArea (luas tulangan bawah) = 837,48 mm²

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \\ &= 4 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 19^2 \\ &= 1134 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai 4 buah tulangan deform diameter 19 mm (4 D19) dengan luas 1134 mm².

- VRebar (tulangan geser atau sengkang) = 2,766 mm²/mm (2766 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= 5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 \cdot \frac{1000}{\text{spasi sengkang}} \\ &= 5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 8^2 \cdot \frac{1000}{75} \\ &= 3349,33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka tulangan yang dipakai tulangan polos diameter 8 mm dengan spasi antar sengkang 75 mm (5 P8-75) dengan luas 3349,33 mm²

Dari perhitungan pemilihan tulangan di atas secara lebih ringkas disajikan pada tabel di bawah ini.

Type Balok	Nama Tulangan	Tulangan Tumpuan			Tulangan Lapangan		
		Luas Tulangan (mm ²)	Tulangan	Luas Tulangan yang dipakai (mm ²)	Luas Tulangan (mm ²)	Tulangan	Luas Tulangan yang dipakai (mm ²)
BS.01	Tlng atas	1282,84	7 D16	1407	403,18	4 D16	804
	Tlng bawah	616,03	4 D16	804	774,03	4 D16	804
	Tlng geser	377	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1621,79	8 D14	1232	-	-	-
BS.02	Tlng atas	775,35	5 D16	1005	169,23	2 D19	567
	Tlng bawah	373,16	3 D16	804	342,51	5 D19	1418
	Tlng geser	439	2 P8-200	502,4	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	489,93	6 P12	679	-	-	-
BS.03	Tlng atas	625,80	4 D16	804	199,54	2 D16	402
	Tlng bawah	447,55	3 D16	603	199,54	2 D16	402
	Tlng geser	972	2 P8-100	1004,8	856	2 P8-100	1004,8
	Tlng torsi	489,93	6 P12	679	-	-	-
G1.01	Tlng atas	2363,29	9 D19	2552	1770,50	7 D19	1859
	Tlng bawah	1134,21	5 D19	1418	544,96	3 D19	853
	Tlng geser	2573	4 P8-75	2679,46	2530	2 P8-250	2679,46
	Tlng torsi	1314,29	5 D19	1418	-	-	-
G1.02	Tlng atas	1779,09	7 D19	1985	1345,40	5 D19	1418
	Tlng bawah	1054,60	4 D19	1134	567,40	3 D19	851
	Tlng geser	1855	4 P8-75	2009,6	1800	4 P8-75	2009,6
	Tlng torsi	1314,29	9 D19	1418	-	-	-
G1.03	Tlng atas	1646,58	6 D19	1701	1110,90	4 D19	1134
	Tlng bawah	1054,60	4 D19	1134	774,03	3 D19	851
	Tlng geser	1890	3 P8-75	2009,6	1800	3 P8-75	2009,6
	Tlng torsi	1314,29	5 D19	1418	-	-	-
G1.04	Tlng atas	1112,20	4 D19	1134	1054,60	4 D19	1134
	Tlng bawah	728,01	3 D19	851	542,53	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92

	Tlng torsi	1314,29	5 D19	1418	-	-	-
G1.05	Tlng atas	112,20	4 D19	1134	1054,60	4 D19	1134
	Tlng bawah	728,01	3 D19	851	542,53	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1314,29	5 D19	1418	-	-	-
G2.01	Tlng atas	1112,20	4 D19	1134	812,47	4 D19	1134
	Tlng bawah	728,01	3 D19	851	384,47	2 D19	567
	Tlng geser	511	2 P8-150	669,86	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1287,13	5 D19	1418	-	-	-
G2.01a	Tlng atas	1457,07	6 D19	1701	1110,11	4 D19	1134
	Tlng bawah	695,44	3 D19	851	454,02	2 D19	567
	Tlng geser	333	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	960,70	4 D19	1134	-	-	-
G2.02	Tlng atas	1063,06	4 D19	1134	671,34	3 D19	851
	Tlng bawah	580,03	3 D19	851	337,68	2 D19	567
	Tlng geser	444	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	751	3 D19	852	-	-	-
G2.03	Tlng atas	1229,96	5 D19	1407	816,74	3 D19	851
	Tlng bawah	591,71	3 D19	851	387,56	2 D19	567
	Tlng geser	526	2 P10-150	669,89	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1489,14	6 D19	1701	-	-	-
G3.01	Tlng atas	727,39	3 D19	851	474,57	2 D19	567
	Tlng bawah	471,98	2 D19	567	232,95	2 D19	567
	Tlng geser	2937	5 P8-75	3349,44	2914	5 P8-75	3349,44
	Tlng torsi	620,46	3 D19	1232	-	-	-
G3.02	Tlng atas	298,99	2 D19	567	188,25	2 D19	567
	Tlng bawah	148,31	2 D19	567	73,86	2 D19	567
	Tlng geser	1451	2 P8-100	1507,2	1375	2 P8-100	1507,2
G4.01	Tlng atas	1024,22	4 D19	1134	718,40	3 D19	851
	Tlng bawah	505,76	2 D19	567	251,35	2 D19	567
	Tlng geser	4207	7 P8-75	4689,06	4182	7 P8-75	4689,06
	Tlng torsi	1314,28	5 D19	1418	-	-	-
G5.01	Tlng atas	506,38	2 D19	567	307,64	2 D19	567
	Tlng bawah	246,07	2 D19	567	159,84	2 D19	567
	Tlng geser	2305	5 P8-100	2512	2212	5 P8-100	2512
	Tlng torsi	680,69	3 D19	851	-	-	-
G5.02	Tlng atas	530,17	2 D19	567	324,58	2 D19	567
	Tlng bawah	254,88	2 D19	567	166,89	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	510,06	2 D19	567	-	-	-
G6.01	Tlng atas	666,14	3 D19	851	372,57	2 D19	567

	Tlng bawah	320,18	2 D19	567	209,63	2 D19	567
	Tlng geser	2750	5 P8-75	3349,33	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1226,76	5 D19	1418	-	-	-
G6.02	Tlng atas	728,99	3 D19	851	699,45	2 D19	567
	Tlng bawah	348,95	2 D19	567	335,46	2 D19	567
	Tlng geser	1260	2 P8-75	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	419,26	2 D19	567	-	-	-
G7.01	Tlng atas	271,17	2 D19	567	105,46	2 D19	567
	Tlng bawah	129,27	2 D19	567	84,35	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1226,76	5 D19	1418	-	-	-
GA.01	Tlng atas	996,84	4 D19	1134	717,63	3 D19	851
	Tlng bawah	647,70	3 D19	851	319,95	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	1226,76	5 D19	1418	-	-	-
GA.02	Tlng atas	685,06	3 D19	851	474,57	2 D19	567
	Tlng bawah	445,21	2 D19	567	219,94	2 D19	567
	Tlng geser	0,00	2 P8-250	401,92	0,00	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	620,46	3 D19	851	-	-	-
GA.03	Tlng atas	246,07	2 D19	567	63,12	2 D19	567
	Tlng bawah	127,08	2 D19	567	117,81	2 D19	567
	Tlng geser	320	2 P8-250	401,92	193	2 P8-250	401,92
	Tlng torsi	337,29	2 D19	567	-	-	-
GA.04	Tlng atas	341,29	2 D19	567	247,13	2 D19	567
	Tlng bawah	223,17	2 D19	567	110,56	2 D19	567
	Tlng geser	1407	3 P8-100	1507,2	1387	3 P8-100	1507,2
	Tlng torsi	419,262	2 D19	567	-	-	-
GA.04a	Tlng atas	272,45	2 D19	567	190,57	2 D19	567
	Tlng bawah	134,69	2 D19	851	66,97	2 D19	567
	Tlng geser	1062	3 P8-100	1507,2	1047	3 P8-100	1507,2
	Tlng torsi	411,95	2 D19	567	-	-	-
GA.05	Tlng atas	307,59	2 D19	567	185,08	2 D19	567
	Tlng bawah	153,60	2 D19	567	92,19	2 D19	567
	Tlng geser	1316	3 P8-100	1507,2	1229	3 P8-100	1507,2
	Tlng torsi	371,38	2 D19	567	-	-	-
GR.01	Tlng atas	948,73	4 D19	1134	305,09	2 D19	567
	Tlng bawah	685,49	3 D19	851	305,09	2 D19	567
	Tlng geser	961	2 P8-100	1004,8	886	2 P8-100	1004,8
	Tlng torsi	921,14	5 D19	1418	-	-	-
GR.02	Tlng atas	615,53	3 D19	851	198,40	2 D19	567
	Tlng bawah	401,12	2 D19	567	198,40	2 D19	567

	Tlng geser	788	2 P8-100	1004,8	648	2 P8-100	1004,8
	Tlng torsi	620,46	3 D19	851	-	-	-
GR.03	Tlng atas	637,76	3 D19	851	474,57	2 D19	567
	Tlng bawah	415	2 D19	567	205,31	2 D19	567
	Tlng geser	1082	2 P8-75	1339,73	1035	2 P8-75	1339,73
	Tlng torsi	620,46	3 D19	851	-	-	-
GX.01	Tlng atas	2666,14	10 D19	2835	1816,85	5 D19	567
	Tlng bawah	1279,81	5 D19	1418	837,48	4 D19	567
	Tlng geser	2818	5 P8-75	3349,33	2766	5 P8-75	3349,33
	Tlng torsi	1488,33	6 D19	1701	-	-	-

Tabel 6.4 Tulangan Balok

Luas penulangan kolom dan balok secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran Tugas Akhir ini.

6.7 Analisis Beban Gempa Statik Ekuivalen

Bentuk struktur gedung PTIK Universitas Negeri Semarang merupakan bentuk struktur yang beraturan sehingga pengaruh gempa rencana ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen. Gedung PTIK UNNES, terletak di wilayah Semarang jika dilihat pada gambar di BAB II gambar 2.7 wilayah Semarang termasuk dalam wilayah gempa/zona 2, dikategorikan sebagai wilayah gempa dengan kegempaan rendah. Jenis tanah gedung PTIK UNNES dikategorikan jenis tanah sedang. Karena gedung PTIK UNNES termasuk dalam wilayah gempa/zona 2 maka nilai percepatan gempa di permukaan tanah (A_0/C_a) sebesar 0,15 lihat tabel di BAB II tabel 2.5, nilai percepatan maksimum (A_m) sebesar 0,38, nilai pembilang pada persamaan hiperbola disisi kurva resesi yang melengkung (A_r/C_v) sebesar 0,23 lihat tabel di BAB II tabel 2.6 dengan nilai getar alami sudut (T_c) untuk jenis tanah sedang sebesar 0,6 detik. Koefisien pembatas

waktu getar fundamental (ζ) untuk gempa/zona 2 sebesar 0,19. Nilai faktor keutamaam (I) untuk gedung kuliah sebesar 1,0 lihat tabel di BAB II tabel 2.7 sedangkan faktor reduksi gempa (R) gedung PTIK UNNES untuk wilayah gempa/zona 2 dengan jenis struktur Sitem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sebesar 5,5 lihat tabel pada BAB II tabel 2.8. koefisien nilai di atas diperlukan untuk input SAP 2000 v10 untuk keperluan analisis beban gempa statik ekuivalen. Analisis beban gempa statik ekuivalen gedung C Fakultas Hukum Universitas Negeri Semarang dibantu program SAP 2000 v10, pada pembahasan ini akan diuraikan hasil output yang khusus untuk ditampilkan pada analisis modal dan analisis tipe response spectrum untuk beban gempa sebagai berikut:

1. Mode shape dan waktu getar alami

Hasil analaisis program SAP 2000 v10 waktu getar alami untuk gedung PTIK Universitas Negeri Semarang sebagai berikut:

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNumber	Period	Frequency	CircFrequency	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.646863	1.5459	9.7133	94.349
MODAL	Mode	2	0.596942	1.6752	10.526	110.79
MODAL	Mode	3	0.528758	1.8912	11.883	141.2
MODAL	Mode	4	0.343932	2.9076	18.269	333.74
MODAL	Mode	5	0.306294	3.2648	20.514	420.81
MODAL	Mode	6	0.262786	3.8054	23.91	571.68
MODAL	Mode	7	0.245915	4.0664	25.55	652.81
MODAL	Mode	8	0.14924	6.7002	42.099	1772.3

			9			
MODAL	Mode	9	0.14279 3	7.0031	44.002	1936.2

Tabel 6.5 Modal Periods and Frequencies

Syarat waktu getar alami dalam *SNI 03-1726-2002 (pasal 5.6)* untuk wilayah gempa 2 ($\zeta = 0,19$) dan jumlah lantai (n) = 3 adalah

$$T_1 < \zeta \cdot n$$

$$0,646863 \text{ detik} < 0,19 \cdot 3$$

$$0,646863 \text{ detik} < 0,570000 \text{ detik} \quad (\text{Tidak OK})$$

2. Kombinasi ragam

Dalam *pasal 7.2.2 SNI 03-1726-2003* ada 2 macam metode penjumlahan ragam, yaitu CQC (Complite Quadrat Combination) untuk struktur dengan waktu getar alami berdekatan (selisih <15%) SRSS (Square Root of the Sum of Squares) untuk struktur dengan waktu getar alami yang berjauhan. Dari tabel 3.10 direncanakan kombinasi ragam yang akan digunakan dalam input program SAP 2000 v10 dengan perhitungan sebagai berikut:

- $T_1 - T_2 = (0,646863 - 0,596942)/0,646863 \cdot 100\% = 7,71\%$
- $T_2 - T_3 = (0,596942 - 0,528758)/0,596942 \cdot 100\% = 11,42\%$
- $T_3 - T_4 = (0,528758 - 0,343932)/0,528758 \cdot 100\% = 34,95\%$
- $T_4 - T_5 = (0,343932 - 0,306294)/0,343932 \cdot 100\% = 10,94\%$
- $T_5 - T_6 = (0,306294 - 0,262786)/0,306294 \cdot 100\% = 14,20\%$
- $T_6 - T_7 = (0,262786 - 0,245915)/0,262786 \cdot 100\% = 6,42\%$
- $T_7 - T_8 = (0,245915 - 0,149249)/0,245915 \cdot 100\% = 39,30\%$

- $T_8 - T_9 = (0,149249 - 0,142793) / 0,149249 \cdot 100\% = 4,32\%$

Berdasar hitungan tersebut, terlihat bahwa selisih waktu getar struktur $(T_1 - T_2) - (T_2 - T_3)$ dan seterusnya lebih dari 15% sehingga dipakai metode kombinasi SRSS.

3. Participating mass ratio

Pasal 7.2.1 SNI 03-1726-2002 partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai minimal 90%. Hasil analisis program SAP 2000 v10 participating mass ratio untuk gedung PTIK Universitas Negeri Semarang sebagai berikut:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.646863	0.031468	0.409989	0.00000109	0.031468	0.409989
MODAL	Mode	2	0.596942	0.72469	0.052811	0.000001047	0.756157	0.4628
MODAL	Mode	3	0.528758	0.02199	0.317534	3.122E-07	0.778147	0.780335
MODAL	Mode	4	0.343932	0.000118	0.026187	0.000072	0.778265	0.806522
MODAL	Mode	5	0.306294	0.052753	0.000309	0.000001044	0.831019	0.806831
MODAL	Mode	6	0.262786	0.000433	0.091117	0.000047	0.831452	0.897948
MODAL	Mode	7	0.245915	0.070139	0.000755	0.000001432	0.901591	0.898703
MODAL	Mode	8	0.149249	0.000202	0.077937	0.000189	0.901793	0.976641
MODAL	Mode	9	0.142793	0.069578	0.000243	0.000012	0.971371	0.976884

Tabel 6.6 Modal Participating Mass Ratio

Dari Tabel 6.6 kolom SumUX dan SumUY untuk mode 9 nilai yang tertera masing – masing sebesar 0,971371 dan 0,976884 atau sudah mencapai 97% dan 97% yang berarti sudah memenuhi syarat minimal 90%.

4. Base shear atau gaya geser dasar

Gaya geser dasar (base shear) dari hasil analisis program SAP 2000 v10, setidaknya – tidaknya sebesar 80% dari analisis respons dinamik ragam yang pertama. Hasil analisis program SAP 2000 v10 base shear untuk gedung PTIK Universitas Negeri Semarang sebagai berikut:

As Noted			Base Reactions					
OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m
EQx	LinStatic		-1459.86	0.00000001255	0.00000001136	0.00000008812	-10427.7846	36833.4156
EQy	LinStatic		-0.0000000012	-1459.86	0.00000007024	10427.7846	0.00000005701	-47574.2962
RS-X	LinRespSpec	Max	0.111	0.036	0.0003605	0.2718	0.8318	3.899
RS-Y	LinRespSpec	Max	0.036	0.079	0.0003839	0.5825	0.2743	2.8395

Tabel 6.7 Gaya Geser Dasar

- Arah – X (kolom globalFX, diambil nilai absolut):

$$V \text{ Statik (EQx)} = 0 \text{ kN}$$

$$V \text{ Dinamik (RS-X)} = 0.111 \text{ kN}$$

$$V \text{ Dinamik} > 80\% V \text{ Statik}$$

$$0,111 \text{ kN} > 80\% \cdot 0$$

$$0,111 \text{ kN} > 0 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

- Arah – Y (kolom globalFY, diambil nilai absolut):

$$V \text{ Statik (EQy)} = 0 \text{ kN}$$

$$V \text{ Dinamik (RS-Y)} = 0,036 \text{ kN}$$

$$V \text{ Dinamik} > 80\% V \text{ Statik}$$

$$0,036 \text{ kN} > 80\% \cdot 0$$

$$0,036 \text{ kN} > 0 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

5. Berat struktur total

Hasil analisis program SAP 2000 v10 base shear untuk berat struktur total gedung PTIK Universitas Negeri Semarang sebagai berikut:

As Noted		Base Reactions						
OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m
DEAD	LinStatic	000000003197	000000002486	39506.225	970151.8962	-1380340.08	000000002415	0
LIVE	LinStatic	000000004699	000000002092	6817.323	172630.5448	-230190.4	000000004721	0

Tabel 6.8 Berat Struktur

Dari tabel 6.8 pada kolom GlobalFZ dapat diketahui berat W beban mati total = 39506,225 kN dan berat W beban hidup total = 6817,323 kN.

- $$\begin{aligned}
 W_{total} &= W \text{ beban mati} + 30\% W \text{ beban hidup} \\
 &= 39506,225 + (30\% \cdot 6817,323) \\
 &= 41551,421 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Beban nominal

Beban gempa nominal statik ekuivalen dihitung dengan mempertimbangkan data wilayah kegempaan, jenis sistem struktur, fungsi bangunan, dan berat total struktur. Data diketahui sebagai berikut:

$$I = 1,0 \text{ (faktor keutamaan)}$$

$$R = 5,5 \text{ (faktor reduksi gempa)}$$

$$T = 0,570000 \text{ detik (waktu getar alami hitungan manual)}$$

$$C = \frac{A_r}{T} = \frac{0,23}{0,570000} = 0,4 \text{ detik (grafik respons spektrum saat } T = 0,570000 \text{ detik)}$$

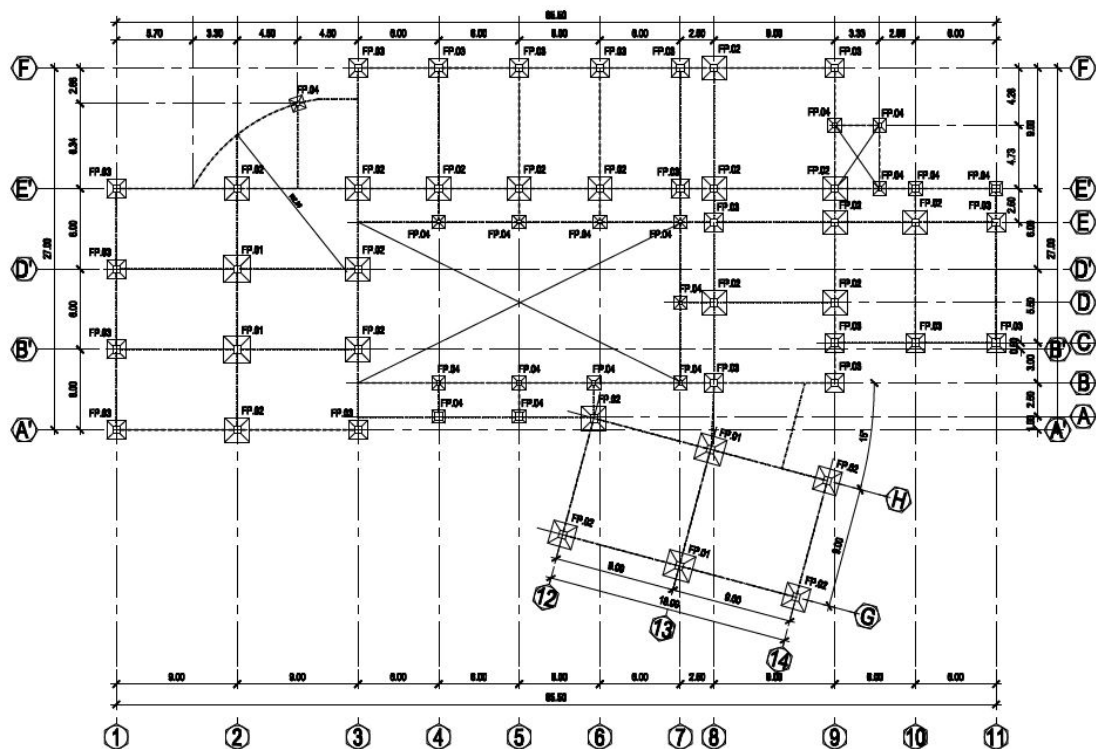
- Gaya geser nominal (V) = $\frac{C \cdot I \cdot W_{\text{total}}}{R}$
 $= \frac{0,4 \cdot 1,0 \cdot 41551,421}{5,5}$
 $= 3021,92 \text{ kN}$

BAB VII

PERENCANAAN PONDASI

7. Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lainnya di atasnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap beratnya sendiri, beban-beban bangunan (beban isi bangunan), gaya-gaya luar seperti: tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, selain itu tidak boleh terjadi penurunan level melebihi batas yang diijinkan. Perencanaan pondasi gedung PTIK Universitas Negeri Semarang direncanakan menggunakan pondasi Foot plat. Hal ini didasarkan dari hasil 4 titik sondir yang menunjukkan bahwa kedalaman tanah keras rata-rata berada pada kedalaman 2.00 m.MT dengan nilai q_c berkisar $160 \text{ kg/cm}^2 - 250 \text{ kg/cm}^2$. Letak pondasi gedung PTIK Universitas Negeri Semarang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.1 Letak Pondasi Foot Plat

7.2 Data Teknis Perencanaan Pondasi Foot Plat

1. Pondasi Foot Plat FP.01

- ✓ Bentuk pondasi : bujur sangkar
- ✓ Lebar pondasi (B) : 200 cm
- ✓ Panjang pondasi (L) : 200 cm
- ✓ Kedalaman pondasi (Df) : 250 cm
- ✓ Kohesi (c) : 0,94 kg/cm²
- ✓ Sudut geser dalam (Φ) : 18°
- ✓ γ_b : 1,63
- ✓ γ_{sat} : 1,64

- ✓ Beban vertikal sentris (P) : 1156,290 kN
- ✓ Momen arah x (Mx) : -62,99 kN.m
- ✓ Momen arah y (My) : -67,45 kN.m
- ✓ Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K-300)
- ✓ Mutu baja (f_y) : 240 Mpa

2. Pondasi Foot Plat FP.02

- ✓ Bentuk pondasi : bujur sangkar
- ✓ Lebar pondasi (B) : 180 cm
- ✓ Panjang pondasi (L) : 180 cm
- ✓ Kedalaman pondasi (D_f) : 250 cm
- ✓ Kohesi (c) : 0,94 kg/cm²
- ✓ Sudut geser dalam (Φ) : 18°
- ✓ γ_b : 1,63
- ✓ γ_{sat} : 1,64
- ✓ Beban vertikal sentris (P) : 1418,863 kN
- ✓ Momen arah x (Mx) : -93,95 kN.m
- ✓ Momen arah y (My) : -111,75 kN.m
- ✓ Mutu beton (f_c) : 24,9 Mpa (K-300)
- ✓ Mutu baja (f_y) : 240 Mpa

3. Pondasi Foot Plat FP.03

- ✓ Bentuk pondasi : bujur sangkar
- ✓ Lebar pondasi (B) : 140 cm
- ✓ Panjang pondasi (L) : 140 cm

✓ Kedalaman pondasi (Df)	:250 cm
✓ Kohesi (c)	: 0,94 kg/cm ²
✓ Sudut geser dalam (Φ)	: 18°
✓ γ_b	: 1,63
✓ γ_{sat}	: 1,64
✓ Beban vertikal sentris (P)	: 1255,131 kN
✓ Momen arah x (Mx)	: -97,86 kN.m
✓ Momen arah y (My)	: -76,22 kN.m
✓ Mutu beton (fc)	: 24,9 Mpa (K-300)
✓ Mutu baja (fy)	: 240 Mpa

4. Pondasi Foot Plat FP.04

✓ Bentuk pondasi	: bujur sangkar
✓ Lebar pondasi (B)	: 100 cm
✓ Panjang pondasi (L)	: 100 cm
✓ Kedalaman pondasi (Df)	:250 cm
✓ Kohesi (c)	: 0,94 kg/cm ²
✓ Sudut geser dalam (Φ)	: 18°
✓ γ_b	: 1,63
✓ γ_{sat}	: 1,64
✓ Beban vertikal sentris (P)	: 488,907 kN
✓ Momen arah x (Mx)	: -5,54 kN.m
✓ Momen arah y (My)	: -19,73 kN.m
✓ Mutu beton (fc)	: 24,9 Mpa (K-300)

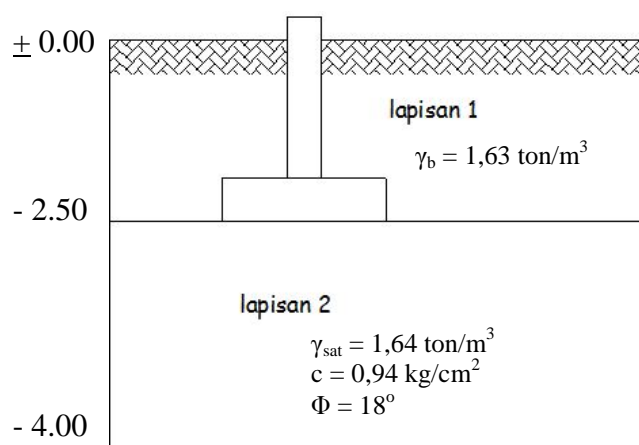
✓ Mutu baja (f_y) : 240 Mpa

Data c , Φ , γ_b , dan γ_{sat} dapat dilihat dilampiran data soil properties pada Tugas Akhir ini sedangkan P , M_x dan M_y dapat dilihat dilampiran excel joint reactions untuk pondasi foot plat pada Tugas Akhir ini.

7.3 Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.01

1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}

Simplifikasi soil profile untuk analisis pondasi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.2 Simplifikasi Soil Profile

Karena sudut geser dalam (Φ) dari hasil uji soil properties 18° maka nilai – nilai faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi sebagai berikut:

- N_c : 15,52
- N_q : 6,04
- N_γ : 3,87

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad q &= \gamma_b \cdot Df \\
 &= 1,63 \cdot 2,5 \\
 &= 4,075 \text{ ton/m}^2 \\
 &= 0,407 \text{ kg/cm}^2 \\
 \blacksquare \quad q_{\text{ult}} &= (1,3 \cdot c \cdot Nc) + (q \cdot Nq) + (0,4 \cdot b \cdot \gamma \cdot N\gamma) \\
 &= (1,3 \cdot 0,94 \cdot 15,52) + (0,407 \cdot 6,04) + (0,4 \cdot 200 \cdot (1,64/1000) \cdot \\
 &\quad 3,87) \\
 &= 18,96 + 2,45 + 0,13 \\
 &= 21,54 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Faktor aman (F_s) = 3

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad q_{\text{allNET}} &= \frac{q_{\text{ult}} - q}{F_s} \\
 &= \frac{21,54 - 0,407}{3} \\
 &= 7,044 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 70,44 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan ijin yang dapat digunakan untuk mendesain pondasi adalah $q_{\text{allNET}} = 7,044 \text{ kg/cm}^2$

Keteerangan:

- q = berat tanah di atas pondasi (kg/cm^2)
- q_{ult} = kapasitas dukung ultimed (kg/cm^2)
- q_{allNET} = kapasitas dukung aman (kg/cm^2)

2. Beban gaya vertikal sentris

- $A = B \cdot L$
 $= 2 \cdot 2$
 $= 4 \text{ m}^2$
- $\sigma = \frac{P}{A} + q$
 $= \frac{1156,290}{4} + 40,75$
 $= 329,82 \text{ kN/m}^2$

Keterangan:

- A = luas dasar pondasi (m^2)
- P = beban vertikal sentris (kN)
- σ = tegangan tanah (kN/m^2)

3. Analisis beban momen

- Tegangan maksimum pada $x = B/2, y = B/2$

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} + \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q \\ &= \frac{1156,290}{4} + \frac{6 \cdot 67,45}{2^2 \cdot 2} + \frac{6 \cdot 62,99}{2^2 \cdot 2} + 40,75 \\ &= 289,07 + 50,58 + 47,24 + 40,75 \\ &= 427,64 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Syarat $\sigma_{\max} \leq q_{\text{allNET}}$

$$427,64 \text{ kN/m}^2 \leq 7044 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

- Tegangan minimum $x = -B/2, y = -B/2$

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} - \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q$$

$$= \frac{1156,290}{4} - \frac{6 \cdot 67,45}{2^2 \cdot 2} - \frac{6 \cdot 62,99}{2^2 \cdot 2} + 40,75$$

$$= 326,48 \text{ kN/m}^2$$

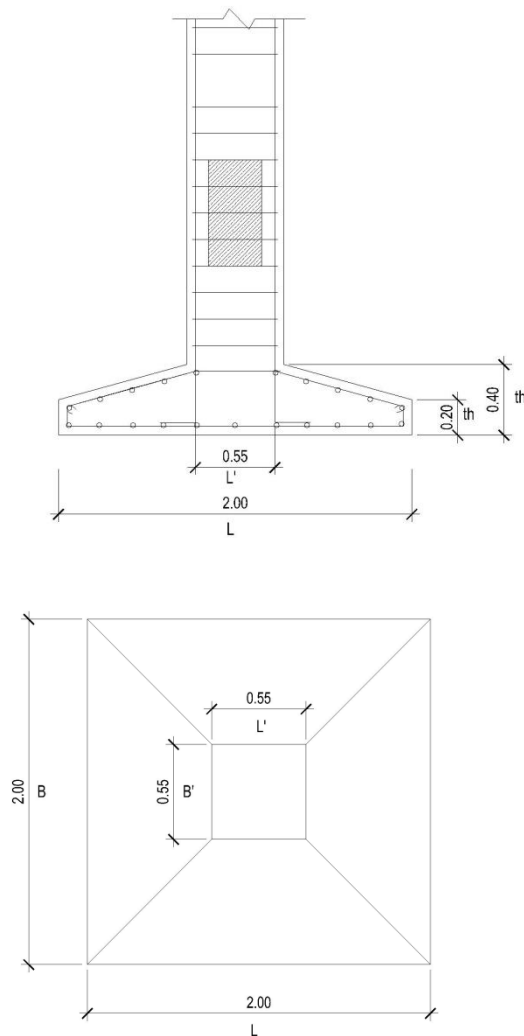
Syarat $\sigma_{\min} \geq 0 \text{ kN/m}^2$

$$326,48 \text{ kN/m}^2 \geq 0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi pondasi bujur sangkar dimensi 200 cm x 200 cm dapat digunakan.

4. Perhitungan tulangan pondasi foot plat

Rencana pondasi foot plat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.3 Rencana Pondasi Foot Plat

Pengecekan terhadap geser pons

- $d = th' - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 40 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 34,35 \text{ cm}$$
- $B'' = \frac{B - B'}{2}$

$$= \frac{200 - 55}{2}$$

$$= 72,5 \text{ cm}$$

$$thd' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - d)}{B''}$$

$$= \frac{(40 - 20) \cdot (72,5 - 34,35)}{72,5}$$

$$= 10,52 \text{ cm}$$
- $thd'' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - (\frac{1}{2} \cdot d))}{B''}$

$$= \frac{(40 - 20) \cdot (72,5 - (\frac{1}{2} \cdot 34,35))}{72,5}$$

$$= 15,26 \text{ cm}$$
- $d' = thd' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 10,52 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 24,87 \text{ cm}$$
- $d'' = thd'' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 15,26 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 29,61 \text{ cm}$$
- $bo = (2 \cdot (B' + d)) + (2 \cdot (L' + d))$

$$= (2 \cdot (55 + 34,35)) + (2 \cdot (55 + 34,35))$$

$$= 357,4 \text{ cm}$$

- $V_c = \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d'' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{3} \cdot 357,4 \cdot 29,61 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 176023,79 \text{ kg}$$

- $V_u = ((B \cdot L) - ((B' + d) \cdot (L' + d))) \cdot \sigma_{\max}$

$$= ((200 \cdot 200) - ((55 + 34,35) \cdot (55 + 34,35))) \cdot 4,2764$$

$$= 131915,69 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 176023,79 \geq 131915,69 \text{ kg}$$

$$132017,84 \text{ kg} \geq 131915,69 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser pons.

Pengecekan terhadap geser lentur

- $V_c = \frac{1}{6} \cdot B \cdot d' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{6} \cdot 200 \cdot 24,87 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 41367,01 \text{ kg}$$

- $V_u = \frac{L - L' - (2 \cdot d)}{2 \cdot B \cdot \sigma_{\max}}$

$$= \frac{200 - 55 - (2 \cdot 34,35)}{2 \cdot 55 \cdot 4,2764}$$

$$= 0,162 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 41367,01 \geq 0,162 \text{ kg}$$

$$31025,25 \text{ kg} \geq 0,162 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser lentur.

Perhitungan penulangan

- $$M_{ux} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot (B'')^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 4,2764 \cdot (72,5)^2$$

$$= 11238,91 \text{ kg.cm}$$

- $$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$= \frac{11238,91}{0,8}$$

$$= 14048,64 \text{ kg.cm}$$

- $$K = \frac{M_n}{B \cdot d^2 \cdot \beta_1 \cdot f_c}$$

$$= \frac{14048,64}{200 \cdot 34,35^2 \cdot 0,85 \cdot 249}$$

$$= 0,00028$$

- $$F = 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot K)}$$

$$= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0,00028)}$$

$$= 0,0001$$

- $$F_{\max} = \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 2400}$$

$$= 0,455$$

Karena $F \leq F_{\max}$

0,0001 \leq 0,455 maka dipakai tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \blacksquare A_s &= \frac{F \cdot B \cdot d \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \\ &= \frac{0,0001 \cdot 200 \cdot 34,35 \cdot 0,85 \cdot 249}{2400} \\ &= 0,0605 \text{ cm}^2 \\ &= 6,05 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} = 0,0025$ (nilai ρ_{\min} untuk pelat)

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} \cdot B \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 200 \cdot 34,35 \\ &= 17,17 \text{ cm}^2 \\ &= 1717 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_s < A_{s_{\min}}$ maka dipakai $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s_{\min}} \\ &= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (19)^2 > 1717 \text{ mm}^2 \\ &= 1985 \text{ mm}^2 > 1717 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 7 D19 dengan luas 1985 mm².

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,15\% \cdot B \cdot d \\ &= 0,15\% \cdot 200 \cdot 34,35 \\ &= 10,30 \text{ cm}^2 \\ &= 1030 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{atas}}} = \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s'}$$

$$= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (14)^2 > 1030 \text{ mm}^2$$

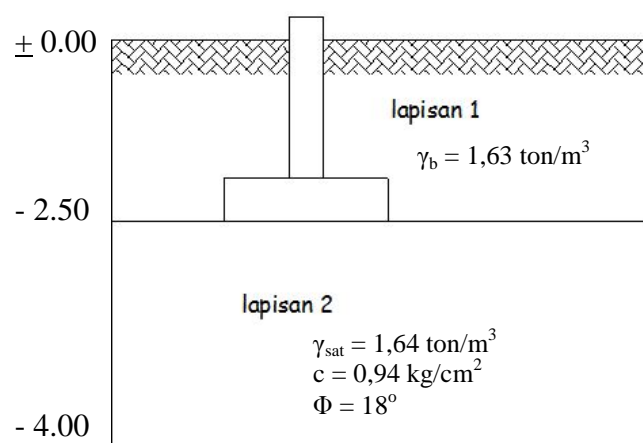
$$= 1232 \text{ mm}^2 > 1030 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK})$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 8 D14 dengan luas 1232 mm².

7.4. Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.02

1. Perhitungan q_{ult} dan q_{allNET}

Simplifikasi soil profile untuk analisis pondasi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.4 Simplifikasi Soil Profile

Karena sudut geser dalam (Φ) dari hasil uji soil properties 18° maka nilai

– nilai faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi sebagai berikut:

- N_c : 15,52
- N_q : 6,04
- N_γ : 3,87
- $q = \gamma_b \cdot D_f$

$$= 1,63 \cdot 2,5$$

$$= 4,075 \text{ ton/m}^2$$

$$= 0,407 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad q_{ult} &= (1,3 \cdot c \cdot Nc) + (q \cdot Nq) + (0,4 \cdot b \cdot \gamma \cdot N\gamma) \\ &= (1,3 \cdot 0,94 \cdot 15,52) + (0,407 \cdot 6,04) + (0,4 \cdot 180 \cdot (1,64/1000) \cdot \\ &\quad 3,87) \\ &= 18,96 + 2,45 + 0,11 \\ &= 21,52 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Faktor aman (F_s) = 3

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad q_{allNET} &= \frac{q_{ult} - q}{F_s} \\ &= \frac{21,52 - 0,407}{3} \\ &= 7,037 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 70,37 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan ijin yang dapat digunakan untuk mendesain pondasi adalah $q_{allNET} = 7,037 \text{ kg/cm}^2$

Keteerangan:

- q = berat tanah di atas pondasi (kg/cm^2)
- q_{ult} = kapasitas dukung ultimed (kg/cm^2)
- q_{allNET} = kapasitas dukung aman (kg/cm^2)

2. Beban gaya vertikal sentris

$$\begin{aligned} \bullet \quad A &= B \cdot L \\ &= 1,8 \cdot 1,8 \\ &= 3,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- $\sigma = \frac{P}{A} + q$

$$= \frac{1418,86}{4} + 40,75$$

$$= 395,46 \text{ kN/m}^2$$

Keterangan:

- A = luas dasar pondasi (m^2)
- P = beban vertikal sentris (kN)
- σ = tegangan tanah (kN/m^2)

3. Analisis beban momen

- Tegangan maksimum pada $x = B/2, y = B/2$

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} + \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q$$

$$= \frac{1418,86}{4} + \frac{6 \cdot 111,75}{1,8^2 \cdot 1,8} + \frac{6 \cdot 93,95}{1,8^2 \cdot 1,8} + 40,75$$

$$= 354,71 + 114,96 + 96,65 + 40,75$$

$$= 607,07 \text{ kN/m}^2$$

Syarat $\sigma_{\max} \leq q_{\text{allNET}}$

$$607,07 \text{ kN/m}^2 \leq 7037 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

- Tegangan minimum $x = -B/2, y = -B/2$

$$\sigma_{\min} = \frac{P}{A} - \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} - \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q$$

$$= \frac{1418,86}{4} - \frac{6 \cdot 111,75}{1,8^2 \cdot 1,8} - \frac{6 \cdot 93,95}{1,8^2 \cdot 1,8} + 40,75$$

$$= 377,15 \text{ kN/m}^2$$

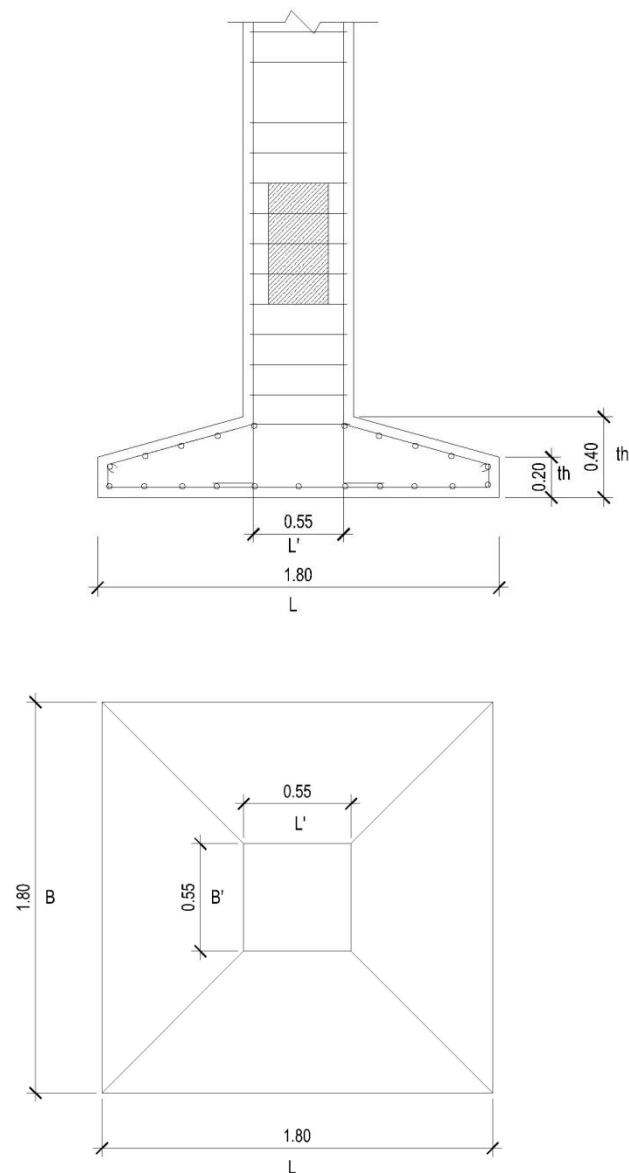
Syarat $\sigma_{\min} \geq 0 \text{ kN/m}^2$

$$377,15 \text{ kN/m}^2 \geq 0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi pondasi bujur sangkar dimensi 180 cm x 180 cm dapat digunakan.

4. Perhitungan tulangan pondasi foot plat

Rencana pondasi foot plat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 7.5 Rencana Pondasi Foot Plat

Pengecekan terhadap geser pons

- $d = th' - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 40 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 34,35 \text{ cm}$$
- $B'' = \frac{B - B'}{2}$

$$= \frac{180 - 55}{2}$$

$$= 62,5 \text{ cm}$$

$$thd' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - d)}{B''}$$

$$= \frac{(40 - 20) \cdot (62,5 - 34,35)}{62,5}$$

$$= 9,01 \text{ cm}$$
- $thd'' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - (\frac{1}{2} \cdot d))}{B''}$

$$= \frac{(40 - 20) \cdot (62,5 - (\frac{1}{2} \cdot 34,35))}{62,5}$$

$$= 14,50 \text{ cm}$$
- $d' = thd' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 9,01 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 23,36 \text{ cm}$$
- $d'' = thd'' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 14,50 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 28,85 \text{ cm}$$
- $bo = (2 \cdot (B' + d)) + (2 \cdot (L' + d))$

$$= (2 \cdot (55 + 34,35)) + (2 \cdot (55 + 34,35))$$

$$= 357,4 \text{ cm}$$

- $V_c = \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d'' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{3} \cdot 357,4 \cdot 28,85 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 1971848,88 \text{ kg}$$

- $V_u = ((B \cdot L) - ((B' + d) \cdot (L' + d))) \cdot \sigma_{\max}$

$$= ((180 \cdot 180) - ((55 + 34,35) \cdot (55 + 34,35))) \cdot 6,070$$

$$= 148208,62 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 197131,84 \geq 148208,62 \text{ kg}$$

$$147848,88 \text{ kg} \geq 147208,62 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser pons.

Pengecekan terhadap geser lentur

- $V_c = \frac{1}{6} \cdot B \cdot d' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 23,36 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 69939,69 \text{ kg}$$

- $V_u = \frac{L - L' - (2 \cdot d)}{2 \cdot B \cdot \sigma_{\max}}$

$$= \frac{180 - 55 - (2 \cdot 34,35)}{2 \cdot 55 \cdot 6,070}$$

$$= 0,084 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 69939,69 \geq 0,084 \text{ kg}$$

$$52454,76 \text{ kg} \geq 0,162 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser lentur.

Perhitungan penulangan

- $$M_{ux} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot (B'')^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 6,070 \cdot (62,5)^2$$

$$= 11855,46 \text{ kg.cm}$$

- $$M_n = \frac{M_u}{0,8}$$

$$= \frac{11855,46}{0,8}$$

$$= 14819,33 \text{ kg.cm}$$

- $$K = \frac{M_n}{B \cdot d^2 \cdot \beta_1 \cdot f_c}$$

$$= \frac{14819,33}{180 \cdot 34,35^2 \cdot 0,85 \cdot 249}$$

$$= 0,00032$$

- $$F = 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot K)}$$

$$= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0,00032)}$$

$$= 0,0001$$

- $$F_{\max} = \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 2400}$$

$$= 0,455$$

Karena $F \leq F_{\max}$

$0,0001 \leq 0,455$ maka dipakai tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \blacksquare A_s &= \frac{F \cdot B \cdot d \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \\ &= \frac{0,0001 \cdot 180 \cdot 34,35 \cdot 0,85 \cdot 249}{2400} \\ &= 0,0545 \text{ cm}^2 \\ &= 5,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} = 0,0025$ (nilai ρ_{\min} untuk pelat)

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} \cdot B \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 180 \cdot 34,35 \\ &= 15,45 \text{ cm}^2 \\ &= 1545 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_s < A_{s_{\min}}$ maka dipakai $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s_{\min}} \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (19)^2 > 1545 \text{ mm}^2 \\ &= 1701 \text{ mm}^2 > 1545 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 6 D19 dengan luas 1701 mm^2 .

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,15\% \cdot B \cdot d \\ &= 0,15\% \cdot 200 \cdot 34,35 \\ &= 10,30 \text{ cm}^2 \\ &= 1030 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

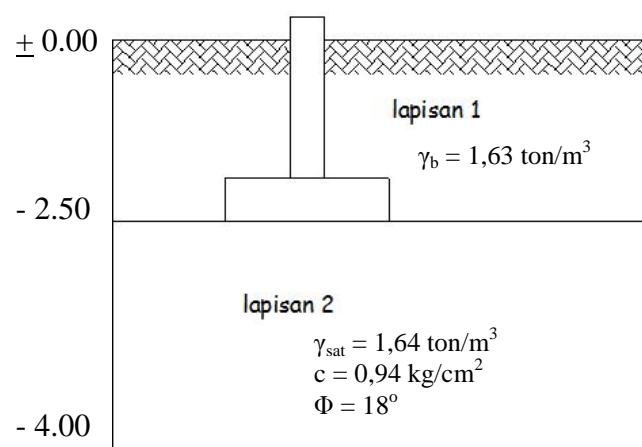
$$\begin{aligned}
 A_{s_{atas}} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s'} \\
 &= 8 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (14)^2 > 1030 \text{ mm}^2 \\
 &= 1232 \text{ mm}^2 > 1030 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 8 D14 dengan luas 1232 mm².

7.5. Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.03

1. Perhitungan q_{ult} dan q_{alINET}

Simplifikasi soil profile untuk analisis pondasi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.6 Simplifikasi Soil Profile

Karena sudut geser dalam (Φ) dari hasil uji soil properties 18° maka nilai – nilai faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi sebagai berikut:

- N_c : 15,52
- N_q : 6,04
- N_γ : 3,87

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad q &= \gamma_b \cdot Df \\
 &= 1,63 \cdot 2,5 \\
 &= 4,075 \text{ ton/m}^2 \\
 &= 0,407 \text{ kg/cm}^2 \\
 \blacksquare \quad q_{ult} &= (1,3 \cdot c \cdot Nc) + (q \cdot Nq) + (0,4 \cdot b \cdot \gamma \cdot N\gamma) \\
 &= (1,3 \cdot 0,94 \cdot 15,52) + (0,407 \cdot 6,04) + (0,4 \cdot 140 \cdot (1,64/1000) \cdot \\
 &\quad 3,87) \\
 &= 18,96 + 2,45 + 0,35 \\
 &= 21,74 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Faktor aman (F_s) = 3

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad q_{allNET} &= \frac{q_{ult} - q}{F_s} \\
 &= \frac{21,74 - 0,407}{3} \\
 &= 7,111 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 71,11 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan ijin yang dapat digunakan untuk mendesain pondasi adalah $q_{allNET} = 7,111 \text{ kg/cm}^2$

Keteerangan:

- q = berat tanah di atas pondasi (kg/cm^2)
- q_{ult} = kapasitas dukung ultimed (kg/cm^2)
- q_{allNET} = kapasitas dukung aman (kg/cm^2)

2. Beban gaya vertikal sentris

- $A = B \cdot L$

$$= 1,4 \cdot 1,4$$

$$= 1,96 \text{ m}^2$$

- $\sigma = \frac{P}{A} + q$

$$= \frac{1255,131}{4} + 40,75$$

$$= 354,53 \text{ kN/m}^2$$

Keterangan:

- A = luas dasar pondasi (m^2)
- P = beban vertikal sentris (kN)
- σ = tegangan tanah (kN/m^2)

3. Analisis beban momen

- Tegangan maksimum pada $x = B/2$, $y = B/2$

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} + \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} + \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q$$

$$= \frac{1255,131}{4} + \frac{6 \cdot 76,22}{1,4^2 \cdot 1,4} + \frac{6 \cdot 97,86}{1,4^2 \cdot 1,4} + 40,75$$

$$= 313,78 + 115,78 + 219,66 + 40,75$$

$$= 689,97 \text{ kN/m}^2$$

Syarat $\sigma_{\max} \leq q_{\text{allNET}}$

$$689,97 \text{ kN/m}^2 \leq 71111 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

- Tegangan minimum $x = -B/2$, $y = -B/2$

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= \frac{P}{A} - \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} - \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q \\ &= \frac{1255,131}{4} - \frac{6 \cdot 76,22}{1,4^2 \cdot 1,4} - \frac{6 \cdot 97,86}{1,4^2 \cdot 1,4} + 40,75 \\ &= 19,09 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

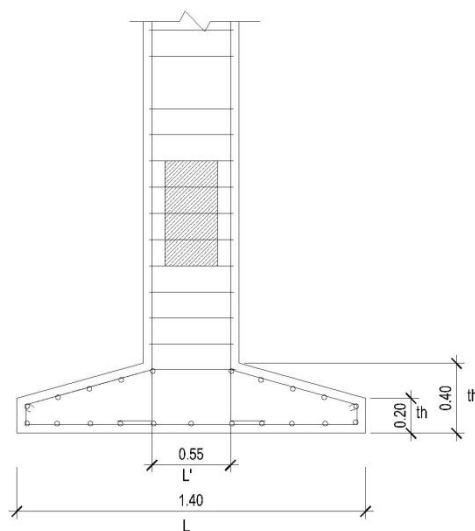
$$\text{Syarat } \sigma_{\min} \geq 0 \text{ kN/m}^2$$

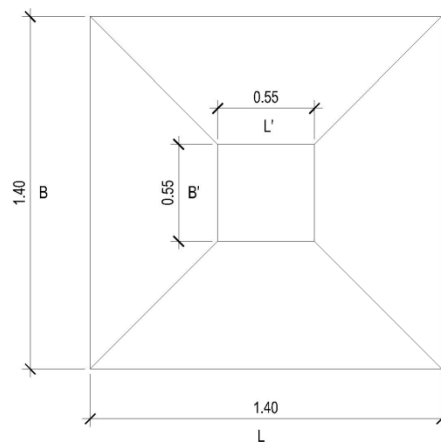
$$19,09 \text{ kN/m}^2 \geq 0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi pondasi bujur sangkar dimensi 140 cm x 140 cm dapat digunakan.

4. Perhitungan tulangan pondasi foot plat

Rencana pondasi foot plat ditunjukkan pada gambar di bawah ini.





Gambar 7.8 Rencana Pondasi Foot Plat

Pengecekan terhadap geser pons

- $d = th' - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$
 $= 40 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$
 $= 34,35 \text{ cm}$

- $B'' = \frac{B - B'}{2}$
 $= \frac{140 - 55}{2}$
 $= 42,5 \text{ cm}$

$$thd' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - d)}{B''}$$

$$= \frac{(40 - 20) \cdot (42,5 - 34,35)}{42,5}$$

$$= 3,83 \text{ cm}$$

- $thd'' = \frac{(th' - th) \cdot (B'' - (\frac{1}{2} \cdot d))}{B''}$
 $= \frac{(40 - 20) \cdot (42,5 - (\frac{1}{2} \cdot 34,35))}{42,5}$

$$= 11,91 \text{ cm}$$

- $d' = thd' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 3,83 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 18,18 \text{ cm}$$

- $d'' = thd'' + th - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$

$$= 11,91 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$$

$$= 26,26 \text{ cm}$$

- $bo = (2 \cdot (B' + d)) + (2 \cdot (L' + d))$

$$= (2 \cdot (55 + 34,35)) + (2 \cdot (55 + 34,35))$$

$$= 357,4 \text{ cm}$$

- $V_c = \frac{1}{3} \cdot bo \cdot d'' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{3} \cdot 357,4 \cdot 29,61 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 176023,79 \text{ kg}$$

- $V_u = ((B \cdot L) - ((B' + d) \cdot (L' + d))) \cdot \sigma_{\max}$

$$= ((140 \cdot 140) - ((55 + 34,35) \cdot (55 + 34,35))) \cdot 6,8997$$

$$= 102050,56 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 176023,79 \geq 102050,56 \text{ kg}$$

$$132017,25 \text{ kg} \geq 102050,56 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser pons.

Pengecekan terhadap geser lentur

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_c &= \frac{1}{6} \cdot B \cdot d^2 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}} \\
 &= \frac{1}{6} \cdot 140 \cdot 18,18 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}} \\
 &= 21167,53 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_u &= \frac{L - L' - (2 \cdot d)}{2 \cdot B' \cdot \sigma_{\max}} \\
 &= \frac{140 - 55 - (2 \cdot 34,35)}{2 \cdot 55 \cdot 6,8997} \\
 &= 0,021 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 21167,53 \geq 0,021 \text{ kg}$$

$$15875,64 \text{ kg} \geq 0,021 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser lentur.

Perhitungan penulangan

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad M_{ux} &= \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot (B'')^2 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 6,8997 \cdot (42,5)^2 \\
 &= 6231,29 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad M_n &= \frac{M_u}{0,8} \\
 &= \frac{6231,29}{0,8} \\
 &= 7789,11 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\blacksquare \quad K = \frac{M_n}{B \cdot d^2 \cdot \beta_1 \cdot f_c}$$

$$= \frac{7789,11}{140 \cdot 34,35^2 \cdot 0,85 \cdot 249}$$

$$= 0,00022$$

$$\blacksquare F = 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot K)}$$

$$= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0,00022)}$$

$$= 0,0001$$

$$\blacksquare F_{\max} = \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 2400}$$

$$= 0,455$$

Karena $F \leq F_{\max}$

$0,0001 \leq 0,455$ maka dipakai tulangan tunggal

$$\blacksquare A_s = \frac{F \cdot B \cdot d \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y}$$

$$= \frac{0,0001 \cdot 140 \cdot 34,35 \cdot 0,85 \cdot 249}{2400}$$

$$= 0,0424 \text{ cm}^2$$

$$= 4,24 \text{ mm}^2$$

$\rho_{\min} = 0,0025$ (nilai ρ_{\min} untuk pelat)

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} \cdot B \cdot d$$

$$= 0,0025 \cdot 140 \cdot 34,35$$

$$= 12,02 \text{ cm}^2$$

$$= 1202 \text{ mm}^2$$

Karena $A_s < A_{s_{\min}}$ maka dipakai $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s_{\min}} \\ &= 7 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (16)^2 > 1202 \text{ mm}^2 \\ &= 1407 \text{ mm}^2 > 1202 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 7 D16 dengan luas 1407 mm².

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,15\% \cdot B \cdot d \\ &= 0,15\% \cdot 140 \cdot 34,35 \\ &= 24,05 \text{ cm}^2 \\ &= 2405 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

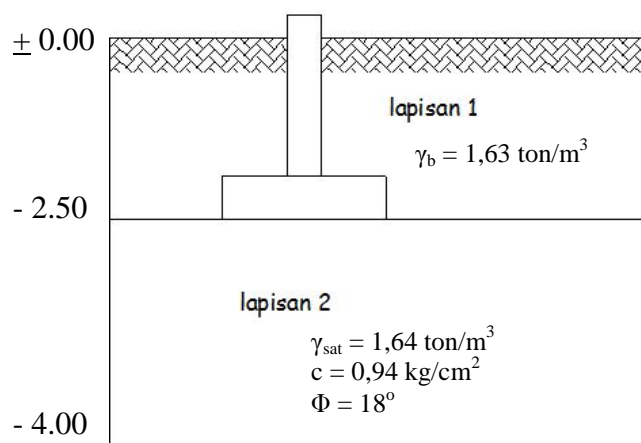
$$\begin{aligned} A_{s_{\text{atas}}} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s'} \\ &= 9 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (19)^2 > 2405 \text{ mm}^2 \\ &= 2552 \text{ mm}^2 > 2405 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 9 D19 dengan luas 2552 mm².

7.6. Perhitungan Perencanaan Pondasi Foot Plat FP.04

1. Perhitungan q_{ult} dan q_{alINET}

Simplifikasi soil profile untuk analisis pondasi ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 7.8 Simplifikasi Soil Profile

Karena sudut geser dalam (Φ) dari hasil uji soil properties 18° maka nilai – nilai faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi sebagai berikut:

- N_c : 15,52
- N_q : 6,04
- N_γ : 3,87

$$\blacksquare q = \gamma_b \cdot D_f$$

$$= 1,63 \cdot 2,5$$

$$= 4,075 \text{ ton/m}^2$$

$$= 0,407 \text{ kg/cm}^2$$

$$\blacksquare q_{\text{ult}} = (1,3 \cdot c \cdot N_c) + (q \cdot N_q) + (0,4 \cdot b \cdot \gamma \cdot N_\gamma)$$

$$= (1,3 \cdot 0,94 \cdot 15,52) + (0,407 \cdot 6,04) + (0,4 \cdot 100 \cdot (1,64/1000) \cdot 3,87)$$

$$= 18,96 + 2,45 + 0,25$$

$$= 21,66 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Faktor aman (Fs)} = 3$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad q_{\text{allNET}} &= \frac{q_{\text{ult}} - q}{F_s} \\
 &= \frac{21,66 - 0,407}{3} \\
 &= 7,084 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 70,84 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Besarnya tegangan ijin yang dapat digunakan untuk mendesain pondasi adalah $q_{\text{allNET}} = 7,084 \text{ kg/cm}^2$

Keteerangan:

- q = berat tanah di atas pondasi (kg/cm^2)
- q_{ult} = kapasitas dukung ultimed (kg/cm^2)
- q_{allNET} = kapasitas dukung aman (kg/cm^2)

2. Beban gaya vertikal sentris

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad A &= B \cdot L \\
 &= 1 \cdot 1 \\
 &= 1 \text{ m}^2 \\
 \bullet \quad \sigma &= \frac{P}{A} + q \\
 &= \frac{488,907}{4} + 40,75 \\
 &= 162,97 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan:

- A = luas dasar pondasi (m^2)

- P = beban vertikal sentris (kN)
- σ = tegangan tanah (kN/m^2)

3. Analisis beban momen

- Tegangan maksimum pada $x = B/2, y = B/2$

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} + \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q \\ &= \frac{488,907}{4} + \frac{6 \cdot 19,73}{1^2 \cdot 1} + \frac{6 \cdot 5,54}{1^2 \cdot 1} + 40,75 \\ &= 122,22 + 118,38 + 33,24 + 40,75 \\ &= 314,59 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Syarat } \sigma_{\max} \leq q_{\text{allNET}}$$

$$314,59 \text{ kN/m}^2 \leq 7084 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

- Tegangan minimum $x = -B/2, y = -B/2$

$$\begin{aligned}\sigma_{\min} &= \frac{P}{A} - \frac{6 \cdot My}{B^2 \cdot L} - \frac{6 \cdot Mx}{L^2 \cdot B} + q \\ &= \frac{488,907}{4} - \frac{6 \cdot 19,73}{1^2 \cdot 1} - \frac{6 \cdot 5,54}{1^2 \cdot 1} + 40,75 \\ &= 11,35 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

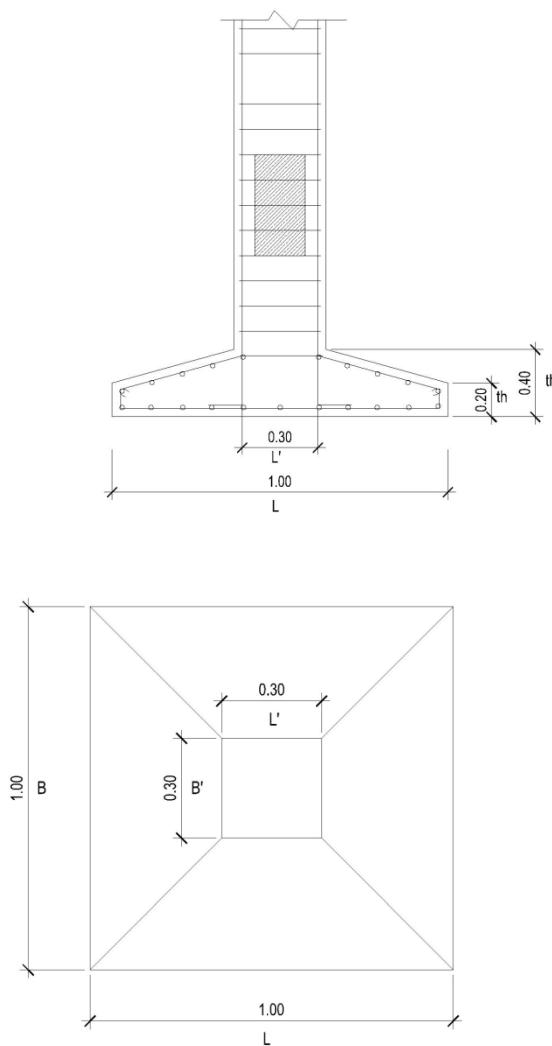
$$\text{Syarat } \sigma_{\min} \geq 0 \text{ kN/m}^2$$

$$11,35 \text{ kN/m}^2 \geq 0 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{OK})$$

Jadi pondasi bujur sangkar dimensi 100 cm x 100 cm dapat digunakan.

4. Perhitungan tulangan pondasi foot plat

Rencana pondasi foot plat ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 7.9 Rencana Pondasi Foot Plat

Pengecheckan terhadap geser pons

- $d = th' - cv - \frac{1}{2} \phi_{tul}$
 $= 30 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3)$
 $= 24,35 \text{ cm}$

- $B'' = \frac{B - B'}{2}$
 $= \frac{100 - 30}{2}$

$$= 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{thd}' &= \frac{(\text{th}' - \text{th}) \cdot (\text{B}'' - d)}{\text{B}''} \\ &= \frac{(30 - 20) \cdot (35 - 24,35)}{35} \end{aligned}$$

$$= 3,042 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ thd}'' &= \frac{(\text{th}' - \text{th}) \cdot (\text{B}'' - (1/2 \cdot d))}{\text{B}''} \\ &= \frac{(30 - 20) \cdot (35 - (\frac{1}{2} \cdot 24,35))}{35} \end{aligned}$$

$$= 6,52 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \bullet d' &= \text{thd}' + \text{th} - \text{cv} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul}} \\ &= 3,042 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3) \\ &= 17,39 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet d'' &= \text{thd}'' + \text{th} - \text{cv} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul}} \\ &= 6,52 + 20 - 5 - (\frac{1}{2} \cdot 1,3) \\ &= 20,87 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet b_o &= (2 \cdot (\text{B}' + d)) + (2 \cdot (\text{L}' + d)) \\ &= (2 \cdot (30 + 24,35)) + (2 \cdot (30 + 24,35)) \\ &= 217,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet V_c &= \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d'' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}} \\ &= \frac{1}{3} \cdot 217,4 \cdot 20,87 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}} \\ &= 376582,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\bullet V_u = ((\text{B} \cdot \text{L}) - ((\text{B}' + d) \cdot (\text{L}' + d))) \cdot \sigma_{\text{max}}$$

$$= ((100 \cdot 100) - ((30 + 24,35) \cdot (30 + 24,35))) \cdot 3,1459$$

$$= 22166,25 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 376582,45 \geq 22166,25 \text{ kg}$$

$$282436,84 \text{ kg} \geq 22166,25 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser pons.

Pengecekan terhadap geser lentur

- $V_c = \frac{1}{6} \cdot B \cdot d' \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{f_c}{10}}$

$$= \frac{1}{6} \cdot 100 \cdot 17,39 \cdot 10 \cdot \sqrt{\frac{249}{10}}$$

$$= 72168,5 \text{ kg}$$

- $V_u = \frac{L - L' - (2 \cdot d)}{2 \cdot B' \cdot \sigma_{\max}}$

$$= \frac{100 - 30 - (2 \cdot 24,35)}{2 \cdot 30 \cdot 3,1459}$$

$$= 0,112 \text{ kg}$$

Syarat $\phi V_c \geq V_u$

$$0,75 \cdot 72168,5 \geq 0,112 \text{ kg}$$

$$54126,37 \text{ kg} \geq 0,162 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kesimpulan $\phi V_c \geq V_u$ maka pelat pondasi dapat menahan geser lentur.

Perhitungan penulangan

- $M_{ux} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_{\max} \cdot (B'')^2$

$$= \frac{1}{2} \cdot 3,1459 \cdot (35)^2$$

$$= 1926,86 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ Mn} &= \frac{\text{Mu}}{0,8} \\ &= \frac{1926,86}{0,8} \\ &= 2408,57 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ K} &= \frac{\text{Mn}}{\text{B} \cdot \text{d}^2 \cdot \beta_1 \cdot \text{fc}} \\ &= \frac{2408,57}{100 \cdot 24,35^2 \cdot 0,85 \cdot 249} \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ F} &= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot \text{K})} \\ &= 1 - \sqrt{1 - (2 \cdot 0,0002)} \\ &= 0,0001 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ F}_{\text{max}} &= \frac{\beta_1 \cdot 4500}{6000 + \text{fy}} \\ &= \frac{0,85 \cdot 4500}{6000 + 2400} \\ &= 0,455 \end{aligned}$$

Karena $F \leq F_{\text{max}}$

$0,0001 \leq 0,455$ maka dipakai tulangan tunggal

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ As} &= \frac{\text{F} \cdot \text{B} \cdot \text{d} \cdot \beta_1 \cdot \text{fc}}{\text{fy}} \\ &= \frac{0,0001 \cdot 100 \cdot 24,35 \cdot 0,85 \cdot 249}{2400} \\ &= 0,0214 \text{ cm}^2 \\ &= 2,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = 0,0025 \text{ (nilai } \rho_{\min} \text{ untuk pelat)}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\min}} &= \rho_{\min} \cdot B \cdot d \\ &= 0,0025 \cdot 100 \cdot 24,35 \\ &= 6,08 \text{ cm}^2 \\ &= 608 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Karena $A_s < A_{s_{\min}}$ maka dipakai $A_{s_{\min}}$

$$\begin{aligned} A_s &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s_{\min}} \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (12)^2 > 608 \text{ mm}^2 \\ &= 679 \text{ mm}^2 > 608 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 6 P12 dengan luas 679 mm².

$$\begin{aligned} A_{s'} &= 0,15\% \cdot B \cdot d \\ &= 0,15\% \cdot 100 \cdot 24,35 \\ &= 3,65 \text{ cm}^2 \approx 365 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{atas}}} &= \text{jumlah tulangan} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (\text{diameter tulangan})^2 > A_{s'} \\ &= 6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (10)^2 > 365 \text{ mm}^2 \\ &= 471 \text{ mm}^2 > 365 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Maka jumlah tulangan bawah dipakai 6 P10 dengan luas 471 mm².

BAB VIII

RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT

8.1 Lingkup Pekerjaan

Yang dimaksud dengan pekerjaan pada proyek ini adalah Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi beserta prasarana dasarnya yang berlokasi di Universitas Negeri Semarang Kampus Sekaran Gunungpati Semarang. Lingkup pekerjaan adalah sebagai berikut :

- a. Pekerjaan Pendahuluan atau Persiapan
- b. Pekerjaan Struktur
- c. Pekerjaan Arsitektur dan Plumbing
- d. Pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal
- e. Pekerjaan Sarana Luar.

Pekerjaan tersebut diatas harus selesai tepat waktu sesuai jadwal yang ditentukan, dengan kualitas yang memenuhi ketentuan sebagaimana disyaratkan dalam Surat Perjanjian Penyedia Jasa Konstruksian dan pelaksanaannya harus dilaksanakan

berdasarkan :

- a. Rencana Kerja dan Syarat-syarat Pekerjaan / RKS dan Spesifikasi Teknis
- b. Gambar-gambar perencanaan dan detail.

- c. Berita acara penjelasan pekerjaan (Aanwijzing) dan penjelasan tambahan lainnya.
- d. Petunjuk Direksi
- e. Peraturan-peraturan umum lainnya yang berlaku.

8.2. PERSYARATAN TEKNIS PEKERJAAN PENDAHULUAN DAN STRUKTUR

PASAL 1

PEKERJAAN PENDAHULUAN

1. Pekerjaan Persiapan

1.1. Pembersihan Halaman

Kontraktor harus membersihkan lokasi dari segala sesuatu yang mungkin akan mengganggu pelaksanaan sesuai dengan petunjuk atau persetujuan Konsultan Pengawas.

1.2. Jalan masuk ke Lokasi Kerja

- a. Jalan masuk ke / dan melalui lokasi kerja dapat menggunakan jalan-jalan setempat yang berhubungan dengan jalan raya yang berdekatan dengan daerah lokasi kegiatan.
- b. Kontraktor hendaknya berpegang pada semua aturan dan ketentuan hukum yang berkaitan dengan penggunaan arah

angkutan umum dan bertanggung jawab terhadap kerusakan jalan yang diakibatkan oleh kegiatan tersebut.

- c. Kegiatan yang berkaitan dengan jalan, Kontraktor harus merencanakan sedemikian rupa agar tidak mengganggu lalu lintas.

1.3. Membuat Direksi Keet Paling lambat dalam tujuh hari setelah dikeluarkannya Surat Perintah Mulai Pekerjaan (SPMK), kontraktor harus membuat kantor khusus untuk Direksi (Direksi Keet). Direksi Keet seluas minimal 16 m² berikut perlengkapannya selama pekerjaan berjalan :

- a. 1 (satu) buah meja tulis lengkap dengan laci.
- b. 1 (satu) set kursi tamu
- c. 1 (satu) buah papan tulis/white board
- d. 1 (satu) buah papan soft board untuk menempel gambar.

1.4. Pekerjaan Pengukuran

Pekerjaan ini di bagi tiga tahap :

- a. Tahap sebelum pelaksanaan dimulai.
- b. Tahap selama pelaksanaan pekerjaan berjalan khusus untuk pekerjaan pengukuran, pengukuran dilakukan segera setelah pekerjaan pengukuran tiap profil dilaksanakan.
- c. Tahap sesudah pelaksanaan selesai dan akan diserahkan pertama (100%), kontraktor harus melakukan pengukuran terakhir apabila pekerjaannya telah selesai 100%.

1.5. Mobilisasi dan Demobilisasi

a. Lingkup pekerjaan

Kontraktor harus mengadakan dan memulangkan (mengembalikan alat-alat yang akan digunakan di lapangan sesuai dengan kebutuhan. Alat tersebut tidak boleh dipindahkan atau dibongkar dari lapangan sebelum ada ijin tertulis dari direksi.

b. Pembiayaan

Pembayaran untuk pekerjaan Mobilisasi dan Demobilisasi dilakukan sebagai berikut :

- Pembayaran Mobilisasi dan Demobilisasi berdasarkan harga “lump sum” seperti yang tertera dalam daftar harga kuantitas pekerjaan.
- Pembayaran Mobilisasi dan Demobilisasi akan dibayarkan sebesar seratus persen apabila alat-alat tersebut sudah selesai digunakan dan dikembalikan (tidak ada di Lokasi pekerjaan).

1.6. Menyediakan Air Kerja dan Fasilitas Listrik

Pekerjaan ini di bagi tiga tahap :

- a. Tahap sebelum pelaksanaan dimulai.
- b. Tahap selama pelaksanaan pekerjaan berjalan khusus untuk pekerjaan pengukuran, pengukuran dilakukan segera setelah pekerjaan pengukuran tiap profil dilaksanakan.

- c. Tahap sesudah pelaksanaan selesai dan akan diserahkan pertama (100%), kontraktor harus melakukan pengukuran terakhir apabila pekerjaannya telah selesai 100 %. Untuk kebutuhan air bersih dan listrik kerja, berkoordinasi dengan pihak bagian umum.

1.7.Pagar Pengaman

Pagar Pengaman dibuat dari kayu dolken, yang dipasang seng gelombang. Pagar Pengaman di pasang pada sekeliling lokasi proyek,

1.8.Papan nama Proyek

Papan Nama Proyek dibuat dari kayu kelas II, ukuran Papan Nama Proyek 120x120 cm, tiang dari kayu dan tinggi minimal 150 cm dari permukaan tanah dan dicat dengan cat kayu. Cat dasar berwarna biru dan hurufnya dengan huruf cetak putih. Pada Papan Nama Proyek harus jelas Kontrak, Sumber dana, Jangka waktu Pelaksanaan, tanggal dimulai dan selesainya pekerjaan serta nama pelaksana Pekerjaan. Papan nama Proyek dipasang dekat lokasi Pekerjaan, dimana masyarakat dapat melihat dan mengetahuinya dengan jelas.

1.9.Pekerjaan Urugan

Timbunan yang dicakup oleh ketentuan dalam Seksi ini dibagi menjadi tiga jenis yaitu : timbunan biasa, timbunan pilihan dan timbunan setempat. Timbunan pilihan akan digunakan sebagai lapis

penopang (capping layer) untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dan lokasi serupa dimana bahan yang plastis sulit dipadatkan dengan baik. Timbunan pilihan dapat juga digunakan untuk Pekerjaan timbunan lainnya dimana kekuatan timbunan adalah faktor yang kritis.

1.10. Bahan Timbunan

Sumber bahan timbunan harus dipilih dari sumber bahan yang disetujui sesuai dengan Spesifikasi yang telah ditentukan dalam perjanjian dan harus sesuai dengan peraturan Standard SNI / ASTHOO.

PASAL 2

PEKERJAAN PONDASI GEDUNG

2. Pekerjaan Pondasi

2.1. Uraian

Spesifikasi ini menguraikan semua ketentuan dan peralatan yang dibutuhkan dalam pekerjaan Pondasi FOOT PLAT (telapak) pada Pembangunan Gedung PTIK Universitas Semarang Penyelesaian pekerjaan pondasi FOOT PLAT (telapak) dan pekerjaan lain yang berhubungan dengan pekerjaan ini dilakukan oleh kontraktor sesuai dengan Gambar dan Spesifikasi yang ada.

2.2. Pekerjaan Beton Bertulang

2.2.1. Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan yang termasuk meliputi:

- a. Penyediaan dan pendayagunaan semua tenaga kerja, bahan-bahan, instalasi konstruksi dan perlengkapan-perengkapan untuk semua pembuatan dan mendirikan semua baja tulangan, bersama dengan semua pekerjaan pertukangan/keahlian lain yang ada hubungannya dengan itu, lengkap sebagaimana diperlihatkan, dispesifikasikan atau sebagaimana diperlukannya.
- b. Tanggung jawab "Kontraktor" atas instalasi semua alat-alat yang terpasang, selubung-selubung dan sebagainya yang tertanam didalam beton.
- c. Ukuran-ukuran (dimensi) dari bagian-bagian beton bertulang yang tidak termasuk pada gambar-gambar rencana pelaksanaan arsitektur adalah ukuran-ukuran dalam garis besar. Ukuran-ukuran yang tepat, begitu pula besi penulangannya ditetapkan dalam gambar-gambar struktur konstruksi beton bertulang. Jika terdapat selisih dalam ukuran antara kedua macam gambar itu, maka ukuran yang harus berlaku harus dikonsultasikan terlebih dahulu dengan perencana atau "Konsultan MK yang ditunjuk" guna mendapatkan ukuran yang sesungguhnya disetujui oleh perencana.

- d. Jika karena keadaan pasaran, besi penulangan perlu diganti guna kelangsungan pelaksanaan maka jumlah luas penampang tidak boleh berkurang dengan memperhatikan syarat-syarat lainnya yang termuat dalam standar dan referensi pada item a2). Dalam hal ini "Konsultan MK yang ditunjuk" harus segera diberitahukan untuk persetujuannya.
- e. Penyediaan dan penempatan tulangan baja untuk semua pekerjaan beton yang berlangsung dicor ditempat, termasuk penyediaan dan penempatan batang-batang "dowel" ditanamkan di dalam beton seperti terlihat dan terperinci di dalam gambar atau seperti petunjuk "Konsultan MK yang ditunjuk" dan bila diisyaratkan, penyediaan penulangan untuk dinding blok beton.
- f. "Kontraktor" harus bertanggung jawab untuk membuat dan membiayai semua desain campuran beton dan test-test untuk menentukan kecocokan dari bahan dan proposal dari bahan-bahan terperinci untuk setiap jenis dan kekuatan beton, dari perincian slump, yang akan bekerja/berfungsi penuh untuk semua teknik dan kondisi penempatan dan akan menghasilkan yang diijinkan oleh "Konsultan MK yang ditunjuk". Kontraktor berkewajiban mengadakan dan membiayai Test Laboratorium.
- g. Pekerjaan-pekerjaan lain yang termasuk adalah:

- Semua pekerjaan beton yang tidak terperinci di luar ini.
- Pemeliharaan dan finishing, termasuk grouting.
- Mengatur benda-benda yang ditanam di dalam beton, kecuali tulangan beton.
- Koordinasi dari pekerjaan ini dengan pekerjaan dari lain bagian.
- Landasan beton untuk peralatan M/E

2.3. Referensi dan Standar-Standar

Semua pekerjaan yang tercantum dalam bab ini, kecuali tercantum dalam gambar atau diperinci, harus memenuhi edisi terakhir dari peraturan, standard dan spesifikasi berikut ini:

- a. PBI – 1971 Peraturan Beton Bertulang Indonesia - 1971
- b. SK-SNI 03-1726-2002 Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- c. PUBI – 1982 Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia
- d. ACI – 304 ACI 304, IR-79, Preplaced Aggregate Concrete for Structural and Mass Concrete, Part 2. ACI 304, 2R-71, Placing Concrete by Pumping Methods, Part2. ACI 304, 304-71, High Density Concrete: Measuring, Mixing, Transportation and Placing Part 2
- e. ASTM – C94 Standard Specification for Ready-Mixed Concrete
- f. ASTM – C33 Standard Specification for Concrete Aggregats
- g. ACI – 318 Building Code Requirement for Reinforced Concrete

- h. ACI – 301 Specification for Structural Concrete of Building
- i. ACI – 212 ACI 212.1R-63, Admixture for Concrete, Part 1 ACI 212.2R-71, Guide for Use of Admixture in Concrete Part1
- j. ASTM – C143 Standard Test Method for Slump of Portland Cement Concrete
- k. ASTM – C231 Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method.
- l. ASTM – C171 Standard Specification for Sheet Materials for Curing Concrete
- m. ASTM – C172 Standard Method of Sampling Freshly Mixed Concrete
- n. ASTM – C31 Standard Method of Making and Curing Concrete Test Specimens in the field.
- o. ASTM – C42 Standard Method of Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete
- p. ASTM – C309 Standard Specification for Liquid Membrane Forming Compounds for Curing Concrete
- q. ASTM – D1752 Standard Specification for Expanded Spange Rubber and Cork Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction

- r. ASTM – D1751 Standard Specification for Performed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (Nonextruding and Resilient Bituminous Types)
- s. SII Standard Industri Indonesia
- t. ACI – 315 Manual of Standard Practice for Reinforced Concrete
- u. ASTM – A185 Standard Specification for Welded Steel Wire Fabric for Concrete Reinforcement
- v. ASTM – A165 Standard Specification for Deformed and Plain Billet Steek Bars for Concrete Reinforcement, Grade 40, Deformef for reinforcing bars, Grade 40 for stirrups and ties
- w. Petunjuk-petunjuk lisan maupun tertulis yang diberikan oleh Konsultan MK.

2.4. Percobaan Bahan dan Campuran Beton

a. Umum

Test bahan: sebelum membuat campuran, test laboratorium harus dilakukan untuk test berikut, sehubungan dengan prosedur-prosedur ditujukan kestandard referensi untuk menjamin pemenuhan spesifikasi proyek untuk membuat campuran yang diperlukan.

b. Semen: berat jenis semen

c. Agregat:

Analisa tapis, berat jenis, prosentase dari void (kekosongan), penyerapan kelembaban dari agregat kasar dan halus, berat kering dari agregat kasar, modulus terhalus dari agregat halus.

d. Adukan/Campuran beton.

- Adukan beton harus didasarkan pada trial mix dan design mix masing-masing untuk umur 3,7,14,21 dan 28 hari yang didasarkan pada minimum 20 hasil pengujian atau lebih sedemikian rupa sehingga hasil uji tersebut dapat disetujui oleh “Konsultan MK yang ditunjuk”. Hasil uji yang disetujui tersebut sudah harus disertakan selambat-lambatnya 6 minggu sebelum pengerjaan dimulai, dan selain itu mutu beton pun harus sesuai dengan mutu standard SK-SNI 03-1726-2002, K-300. pekerjaan tidak boleh dimulai sebelum diperiksa “Konsultan MK yang ditunjuk” tentang kekuatan/ kebersihannya. Semua pembuatan dan pengujian trial dan design mix serta pembiayaannya adalah sepenuhnya menjadi tanggung jawab Kontraktor. Trial mix dan design mix harus diadakan lagi bila agregat yang dipakai diambil dari sumber yang berlainan, merk semen yang berbeda atau supplier beton yang lain.
- Ukuran-ukuran.

- Campuran desain dan campuran percobaan percobaan harus proporsional semen terhadap agregat berdasarkan berat, atau proporsi yang cocok dari ukuran untuk rencana proporsional atau perbandingan yang harus disetujui oleh ‘Konsultan MK yang ditunjuk’.
- Percobaan adukan untuk berat normal beton.
- Untuk perincian minimum dan maximum slump untuk setiap jenis dan kekuatan dari berat normal beton, dibuat empat (4) adukan campuran dengan memakai nilai faktor air-semen yang berbeda-beda.
- Pengujian mutu beton ditentukan melalui pengujian sejumlah benda uji silinder beton 15 x 30 cm sesuai SK-SNI 03-1726-2002, atau ACI 304-73, ACI Committee-304, ASTM C 94-78a.
- Benda uji dari satu adukan dipilih acak yang mewakili suatu volume rata-rata tidak lebih dari 10 m³ atau 10 adukan atau 2 truck drum (diambil yang volumenya terkecil). Disamping itu jumlah maximum dari beton yang dapat terkena penolakan akibat setiap satu keputusan adalah 30 m³, kecuali bila ditentukan lain oleh ‘Konsultan MK yang ditunjuk’.
- Hasil uji untuk setiap pengujian dilakukan masing-masing untuk umur 14 dan 28 hari.

- Pembuatan benda uji harus mengikuti ketentuan SK-SNI 03-1726-2002, dilakukan di lokasi pengecoran dan harus disaksikan oleh "Konsultan MK yang ditunjuk". Apabila digunakan metoda pembetonan dengan menggunakan pompa (concrete pump), maka pengambilan contoh segala macam jenis pengujian lapangan harus dari hasil adukan yang diperoleh dari ujung pipa concrete-pump pada lokasi yang akan dilaksanakan.
 - Pengujian bahan dan beton harus dilakukan dengan cara yang ditentukan dalam Standard Industri Indonesia (SII) dan PBI'71 NI-2 atau metoda uji bahan yang disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk".
 - Rekaman lengkap dari hasil uji bahan dan beton harus disediakan dan disimpan dengan baik oleh tenaga Konsultan MK ahli, dan selalu tersedia untuk keperluan pemeriksaan selama pelaksanaan pekerjaan dan selama 5 tahun sesudah proyek bangunan tersebut selesai dilaksanakan.
- e. Pengujian slump
- Kekentalan adukan beton diperiksa dengan pengujian slump, dimana nilai slump harus dalam batas-batas yang diisyaratkan dalam SK-SNI 03-1726-2002, kecuali ditentukan lain oleh "Konsultan MK yang ditunjuk"

- "Kontraktor" harus menjamin bahwa ia mampu dengan slump berikut, beton dengan mutu dan kekuatan yang memuaskan, yang akan menghasilkan hasil akhir yang bebas keropos, ataupun berongga-rongga. Pelaksanaan dari persetujuan kontrak adalah bahwa "Kontraktor" bertanggung-jawab penuh untuk produksi dari beton dan pencapaian mutu, kekuatan dan penyelesaian yang memenuhi syarat batas slump.
- Bila dipakai pompa beton, slump harus didasarkan pada pengukuran di pelepasan pipa, bukan di truk mixer. Maximum slump harus 100 mm sampai 150 mm.
- Rekomendasi slump untuk variasi beton konstruksi pada keadaan atau kondisi normal:

Slum pada (cm)		
Konstruksi Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15	7.5
Pembetonan missal	7.5	2.5

Untuk beton dengan bahan tambahan plasticizer, slump dapat dinaikkan sampai maksimum 1.5 cm.

- f. Percobaan tambahan
- Kontraktor, tanpa membebankan biaya kepada pemilik, harus mengadakan percobaan laboratorium selaku percobaan tambahan pada bahan-bahan beton dan membuat desain adukan baru bila sifat atau pemilihan bahan diubah atau apabila ada tidak dapat mencapai kekuatan spesifikasi.
 - Hasil pengujian beton harus diserahkan sesaat sebelum tahapan pelaksanaan akan dilakukan, yaitu khususnya untuk pekerjaan yang berhubungan dengan perancah/acuan. Sedangkan untuk pengujian di luar ketentuan pekerjaan tersebut, harus diserahkan kepada “Konsultan MK yang ditunjuk” dalam jangka waktu tidak lebih dari 3 hari setelah pengujian dilakukan.

PASAL 3

PELAKSANAAN BETON READY-MIXED

3. Pelaksanaan Beton Ready Mixed

3.1. Umum

- a. Kecuali disetujui oleh “Konsultan MK yang ditunjuk”, semua beton haruslah beton readymixed yang didapatkan dari sumber yang disetujui “Konsultan MK yang ditunjuk”, dengan takaran, adukan serta cara pengiriman/pengangkutannya harus memenuhi persyaratan di dalam ASTM C94-78a, ACI Committe 304.

b. Adukan beton harus dibuat sesuai dengan perbandingan campuran yang sesuai dengan yang telah diuji di laboratorium, serta secara konsisten harus dikontrol bersama-sama oleh Kontraktor dan supplier beton ready-mixed. Kekuatan beton minimum yang dapat diterima adalah berdasarkan hasil pengujian yang diadakan di laboratorium.

➤ Pemeriksaan

Bagi 'Konsultan MK yang ditunjuk' diadakan jalan masuk ke proyek dan tempat pengantaran contoh atau pemeriksaan yang dapat dilalui setiap waktu. Denah dan semua peralatan untuk pengukuran, adukan dan pengantaran beton harus diperiksa oleh "Konsultan MK yang ditunjuk" sebelum pengadukan beton.

➤ Persetujuan

Periksa areal dan kondisi pada mana pekerjaan di bawah bab ini yang akan dilaksanakan. Perbaiki kondisi yang terusak oleh waktu dan perlengkapan/penyelesaian pekerjaan. Jangan memproses sampai keadaan perbaikan memuaskan. Jangan memulai pekerjaan beton sampai hasil percobaan, adukan beton dan contoh-contoh benda uji disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk". Lagipula, jangan memulai pekerjaan beton sampai semua penyerahan disetujui oleh 'Konsultan MK yang ditunjuk'.

➤ Adukan beton dan kekuatan

Adukan beton harus didesain dan disesuaikan dengan pemeriksaan laboratorium oleh Kontraktor dan harus diperiksa teratur oleh kedua

pihak, Kontraktor dan pemasok beton readymix. Kekuatan tercantum adalah kekuatan yang diijinkan minimum dan hasil dari hasil test oleh percobaan laboratorium adalah dasar dari yang diijinkan.

➤ Temperatur beton Ready-Mix

Batas temperatur beton ready-mix sebelum dicor diisyaratkan tidak melampaui 350C.

➤ Bahan campuran tambahan

Penambahan bahan additive dalam proses pembuatan beton ready-mix harus sesuai dengan petunjuk pabrik additive tersebut. Bila diperlukan dua atau lebih bahan additive maka pelaksanaannya harus dilaksanakan secara terpisah. Dalam pelaksanaannya harus sesuai ACI 212.2R-71 dan ACI 212.IR-63.

➤ Air

Dalam selang waktu yang diijinkan untuk penambahan air di dalam adukan, harus dilaksanakan dibawah pengawasan, baik selama empat pembuatan beton ready-mix maupun lokasi proyek. Penambahan air untuk meningkatkan slump beton atas persetujuan dan dibawah pengawasan "Konsultan MK yang ditunjuk".

➤ Kendaraan pengangkut

Kendaraan pengangkut beton ready-mix harus dilengkapi dengan peralatan pengukur air yang tepat.

➤ Pelaksanaan pengadukan

Pelaksanaan pengadukan dapat dimulai dalam jangka waktu 30 menit setelah semen dan agregat dituangkan dalam alat pengaduk.

➤ Penuangan beton

Proses pengeluaran beton ready-mix di lapangan proyek dari alat pengaduk di kendaraan pengangkut harus dilaksanakan dalam jangka waktu 1.5 jam atau sebelum alat pengaduk mencapai 300 putaran. dalam cuaca panas, batas waktu tersebut di atas harus diperpendek sesuai petunjuk "Konsultan MK yang ditunjuk". Perpanjangan waktu dapat diizinkan sampai dengan 4 jam bila dipergunakan retarder yang harus disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk".

➤ Keadaan khusus

Apabila temperatur atau keadaan lainnya yang menyebabkan perubahan slump beton maka Kontraktor harus segera meminta petunjuk atau keputusan "Konsultan MK yang ditunjuk" dalam menentukan apakah asukan beton tersebut masih memenuhi kondisi normal yang diisyaratkan. Tidak dibenarkan untuk menambah air ke dalam adukan beton dalam kondisi tersebut.

➤ Penggetaran

Penggetaran beton agar diperoleh beton yang padat harus sesuai dengan ACI 309-72 (Recommended Practice for Consolidation of Concrete).

3.2. Pengecoran dan Pematatan Beton

3.2.1. Persiapan

- a. Kontraktor harus menyiapkan jadwal pengecoran dan menyerahkan kepada 'Konsultan MK yang ditunjuk' untuk disetujui sebelum memulai kegiatan pembetonan.
- b. Sebelum pengecoran beton, bersihkan benar-benar cetakannya, semprot dengan air dan kencangkan. Sebelum pengecoran semua cetakan, tulangan beton, dan benda benda yang ditanamkan atau dicor harus telah diperiksa dan disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk".
- c. Pematangan untuk pemeriksaan harus diserahkan kepada "Konsultan MK yang ditunjuk" setidaknya 24 jam sebelum beton dicor. Kelebihan air pengeras beton, puing, butir-butir lepasan dan benda-benda asing lain harus disingkirkan dari bagian dalam cetakan dan dari permukaan dalam dari pengaduk serta perlengkapan pengangkutan.
- d. Galian harus dibentuk sedemikian sehingga daerah yang langsung disekeliling struktur dapat efektif dan menerus di cor.
- e. Seluruh galian harus dijaga bebas dari rembesan, luapan dan genangan air sepanjang waktu, baik di titik sumur, pompa, drainase ataupun segala perlengkapan dari

- Kontraktor yang berhubungan dengan listrik untuk pengadaan bagi maksud penyempurnaan.
- f. Dalam segala hal, beton tidak boleh ditimbun digalian manapun, kecuali bila galian tertentu telah bebas dari air dan lumpur.
 - g. Penulangan harus sudah terjamin dan diperiksa serta disetujui. Logam-logam yang ditanam harus bebas dari adukan lama, minyak, karat, besi dan pergerakan lain ataupun lapisan yang dapat mengurangi rekatan. Kereta pengangkut adukan beton yang beroda tidak boleh dijalankan melalui tulangan ataupun disandarkan pada tulangan. Pada lokasi dimana beton baru ditempelkan ke pekerjaan beton lama, buat lubang pada beton lama, masukkan pantek baja dan kemas cairan tanpa adukan nonshrink.
 - h. Basahkan cetakan beton secukupnya untuk mencegah timbulnya retak, basahkan bahan-bahan lain secukupnya untuk mengurangi penyusutan dan menjaga pelaksanaan beton.
 - i. Penutup beton
 - j. Bila tidak disebutkan lain, tebal penutup harus sesuai dengan persyaratan SK-SNI 03-1726-2002.

- k. Perhatian khusus perlu dicurahkan terhadap ketepatan tebal penutup beton, untuk itu tulangan harus dipasang dengan penahan jarak yang terbuat dari beton dengan mutu paling sedikit sama dengan mutu beton yang akan dicor.
- l. Bila tidak ditentukan lain, maka penahan-penahan jarak dapat berbentuk blok-blok persegi atau gelang-gelang yang harus dipasang sebanyak minimum 8 buah setiap meter cetakan atau lantai kerja. Penahan-penahan jarak tersebut harus tersebar merata.

4.2.2. Pengangkutan

- a. Pengangkutan dan pengecoran beton harus sesuai dengan PBI'71, ACI-304-73, ACI Commotte 304, ASTM C 94-78a.
- b. Beton yang akan dituang harus ditempatkan sedekat mungkin kecekatan akhir dalam posisi lapisan horizontal kira-kira tidak lebih dari ketebalan 30 cm.
- c. Tinggi jatuh dari beton yang dicor jangan melebihi 2 m bila tidak disebutkan lain atau disetujui "Konsultan MK yang ditunjuk".
- d. Untuk beton expose, tinggi jatuh dari beton yang dicor tidak boleh lebih dari 1,5 m. Bila diperlukan tinggi jatuh yang lebih besar belalai gajah, corong pipa cor, ataupun benda-benda lain yang harus disetujui harus diperiksa, sedemikian sehingga pengeboran beton efektif pada lapisan

horizontal tidak lebih dari ketebalan 30 cm dan jarak corong haruslah sedemikian sehingga tidak terjadi regresi/pemisahan bahan-bahan.

- e. Beton yang telah mengeras sebagian atau yang telah dikotori oleh bahan asing tidak boleh dituang ke dalam struktur.
- f. Tempatkan adukan beton, sedemikian sehingga permukaannya senantiasa tetap mendatar, sama sekali tidak diijinkan untuk pengaliran dari posisi ke posisi lain dan tuangkan secepatnya serta sepraktis mungkin setelah diaduk.
- g. Bila pelaksanaan pengecoran akan dilakukan dengan cara atau metoda di luar ketentuan yang tercantum di dalam PBI'71 termasuk pekerjaan yang tertunda ataupun penyambungan pengecoran, maka "Kontraktor" harus membuat usulan termasuk pengujiannya untuk mendapatkan persetujuan dari "Konsultan MK yang ditunjuk" paling lambat 3 minggu sebelum pelaksanaan di mulai.

4.2.3. Pematatan beton

- a. Segera setelah dicor, setiap lapis beton digetarkan dengan alat penggetar/vibrator, untuk mencegah timbulnya rongga-rongga kosong dan sarang-sarang kerikil.

- b. Alat penggetar harus type electric atau pneumatic power driven, type immersion”, beroperasi pada 7000 RPM untuk kepala penggetar lebih kecil dari diameter 180 mm dan 6000 RPM untuk kepala penggetar berdiameter lebih kecil dari diameter 180 mm, semua dengan amplitudo yang cukup untuk menghasilkan kepadatan yang memadai.
- c. Alat penggetar cadangan harus dirawat selalu untuk persiapan pada keadaan darurat dilapangan dan lokasi penempatannya sedekat mungkin mendekati tempat pelaksanaan yang masih mendekati tempat pelaksanaan yang masih memungkinkan.
- d. Hal-hal lain dari alat penggetar yang harus diperhatikan adalah:
 - Pada umumnya jarum penggetar harus dimasukkan ke dalam adukan kira-kira vertikal, tetapi dalam keadaan-keadaan khusus boleh miring sampai 45^o.
 - Selama penggetaran, jarum tidak boleh digerakkan ke arah horisontal karena hal ini akan menyebabkan pemisahan bahan-bahan.
 - Harus dijaga agar jarum tidak mengenai cetakan atau bagian beton yang sudah mulai mengeras. karena itu jarum tidak boleh dipasang lebih dekat dari 5 cm dari cetakan atau dari beton yang sudah mengeras. Juga

harus diusahakan agar tulangan tidak terkena oleh jarum, agar tulangan tidak terlepas dari betonnya dan getaran-getaran tidak merambat ke bagian-bagian lain dimana betonnya sudah mengeras.

- Lapisan yang digetarkan tidak boleh lebih tebal dari panjang jarum dan pada umumnya tidak boleh lebih tebal dari 30-50 cm. berhubung dengan itu, maka pengecoran bagian-bagian konstruksi yang sangat tebal harus dilakukan lapis demi lapis, sehingga tiap-tiap lapis dapat dipadatkan dengan baik.
- Jarum penggetar ditarik dari adukan beton apabila adukan mulai nampak mengkilap sekitar jarum (air semen mulai memisahkan diri dari agergat), yang pada umumnya tercapai setelah maksimum 30 detik. Penarikan jarum ini dapat diisi penuh lagi dengan adukan.
- Jarak antara pemasukan jarum harus dipilih sedemikian rupa sehingga daerahdaerah pengaruhnya saling menutupi.

4.3. Penghentian/Kemacetan Pekerjaan

Penghentian pengecoran hanya bilamana dan padamana diijinkan oleh "Konsultan MK yang ditunjuk". Penjagaan terhadap terjadinya pengaliran

permukaan dan pengecoran beton basah bila pengecoran dihentikan, adakah tanggulan untuk pekerjaan ini.

4.4. Siar Pelaksanaan

- a. Siar-siar pelaksanaan harus ditempatkan dan dibuat sedemikian rupa sehingga tidak banyak mengurangi kekuatan dari konstruksi. Siar pelaksanaan harus direncanakan sedemikian sehingga mampu meneruskan geser dan gaya-gaya lainnya. Apabila tempat siar-siar pelaksanaan tidak ditunjukkan di dalam gambar-gambar rencana, maka tempat siar-siar pelaksanaan harus disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk". Penyimpangan tempat-tempat siar pelaksanaan daripada yang ditunjukkan dalam gambar rencana, harus disetujui oleh "Konsultan MK yang ditunjuk".
- b. Antara pengecoran balok atau pelat dan pengakhiran pengecoran kolom harus ada waktu antara yang cukup, untuk memberi kesempatan kepada beton dari kolom untuk mengeras. Balok, pertebalan miring dari balok dan kepala-kepala kolom harus dianggap sebagai bagian dari system lantai dan harus dicor secara monolit dengan itu.
- c. Pada pelat dan balok, siar-siar pelaksanaan harus ditempatkan kira-kira ditengah-tengah bentangnya, dimana pengaruh gaya melintang sudah banyak berkurang. Apabila pada balok ditengah-tengah bentangnya terdapat pertemuan atau persilangan dengan balok lain, maka siar pelaksanaan ditempatkan sejauh 2 kali lebar balok dari pertemuan atau persilangan itu.

- d. Permukaan beton pada siar pelaksanaan harus dibersihkan dari kotoran-kotoran dan serpihan beton yang rapuh.
- e. Sesaat sebelum melanjutkan penuangan beton, semua siar pelaksanaan harus cukup lembab dan air yang menggenang harus disingkirkan.

4.5. Perawatan Beton

- a. Secara umum harus memenuhi persyaratan di dalam PBI 1971 NI-2 Bab 6.6 dan ACI 301-72/75.
- b. Beton setelah dicor harus dilindungi terhadap proses pengeringan yang belum saatnya dengan cara mempertahankan kondisi dimana kehilangan kelembaban adalah minimal dan suhu yang kontan dalam jangka waktu yang diperlukan untuk proses hydrasi semen serta pengerasan beton.
- c. Masa perawatan dan cara perawatan
Perawatan beton dimulai segera setelah pengecoran selesai dilaksanakan dan harus berlangsung terus menerus selama paling sedikit 2 minggu jika tidak ditentukan lain. Suhu beton pada awal pengecoran harus dipertahankan tidak melebihi 350 C.
- d. Bahan campuran perawatan
Harus sesuai dengan ASTM C309-80 type I dan ASTM C 171-75.

4.6. Toleransi Pelaksanaan

Sesuai dengan dimensi/ukuran tercantum dan ketentuan toleransi pada cetakan Bab 1: PBI-71; ACI-301 dan ACI-347. Toleransi Kedataran pada/untuk pelat lantai:

- a. Penyelesaian akhir permukaan pelat menyatu. Keseragaman kemiringan pelat lantai untuk mengadakan pengaliran positif dari daerah yang ditunjuk. Perawatan khusus harus dilakukan agar halus, meskipun sambungan diadakan diantara pengecoran yang dilakukan terus menerus, jangan memakai semen kering, pasir atau campuran dari semen dan pasir untuk beton kering.
- b. Toleransi untuk pelat beton yang akan diexpose dan pelat yang akan diberi karpet harus 7.0 mm dari 3 m dengan maksimum variasi tinggi dan rendah yang terjadi tidak kurang dari 6 m.
- c. Toleransi untuk pelat dalam menerima kepegasan lantai haruslah 7.0 mm dalam 3 m dengan maksimum variasi tinggi dan rendah yang terjadi tidak kurang dari 6 m.
- d. Toleransi untuk pelat dalam menerima adukan biasa untuk dasar mengatur keramik, batu, bata, ubin lain dan "pavers" (mesin lapis jalan beton), harus 10 mm dalam 1 m.

4.7. Cacat pada Beton (Defective Work)

Meskipun hasil pengujian benda-benda uji memuaskan, "Konsultan MK yang ditunjuk" mempunyai wewenang untuk menolak konstruksi beton yang cacat seperti berikut:

- a. Konstruksi beton yang keropos.
- b. Konstruksi beton yang tidak sesuai dengan bentuk yang direncanakan atau posisinya tidak sesuai dengan gambar.

- c. Konstruksi beton yang tidak tegak lurus atau rata seperti yang direncanakan.
- d. Konstruksi beton yang berisikan kayu atau benda lain.
- e. Ataupun semua konstruksi beton yang tidak memenuhi seperti yang tercantum dalam dokumen kontrak.
- f. Atau yang menurut pendapat “Konsultan MK yang ditunjuk” pada suatu pekerjaan akhir, atau dapat mengenai bahannya atau pekerjaannya pada bagian manapun dari suatu pekerjaan, tidak memenuhi pernyataan dari spesifikasi.
- g. Semua pekerjaan yang dianggap cacat tersebut pada dasarnya harus dibongkar dan diganti dengan yang baru, kecuali “Konsultan MK yang ditunjuk” atau konsultan menyetujui untuk diadakan perbaikan atau perkuatan dari cacat yang ditimbulkan tersebut. Untuk itu Kontraktor harus mengajukan usulan-usulan perbaikan yang kemudian akan diteliti/diperiksa dan disetujui bila perbaikan tersebut itu dianggap memungkinkan.
- h. Perluasan dari perluasan yang akan dibongkar dan metoda yang akan dipakai dalam pekerjaan pengganti harus sesuai dengan pengarahan dari “Konsultan MK yang ditunjuk”. Dalam hal pembongkaran dan perbaikan pekerjaan beton harus dilaksanakan dengan memuaskan.
- i. Semua pekerjaan bongkaran dan penggantian dari pekerjaan cacat pada beton dan semua biaya dan kenaikan biaya dari pembongkaran atau penggantian harus ditanggung sebagai pengeluaran Kontraktor.

- j. Retak-retak pada pekerjaan beton harus diperbaiki sesuai dengan instruksi “Konsultan MK yang ditunjuk”.
- k. Dalam hal terjadi beton keropos atau retak yang bukan struktur (karena penyusutan dan sebagainya) atau cacat beton lain yang nyata pada pembongkaran cetakan, “Konsultan MK yang ditunjuk” harus diberitahu secepatnya, dan tidak boleh diplester atau ditambal kecuali diperintahkan oleh “Konsultan MK yang ditunjuk”. Pengisian/injeksi dengan iar semen harus diadakan dengan poerincian atau metoda yang paling memadai/cocok.

4.8. Pekerjaan Penyambungan Beton

- a. Beton lama harus dikasarkan dan dibersihkan benar-benar dengan semprotan udara bertekanan (compressed air) atau sejenisnya.
- b. Sesegera mungkin sebelum beton baru dicor, permukaan dari beton lama yang sudah dibersihkan, harus dilapisi dengan campuran air dan semen murni dalam perbandingan 1:1 (dalam volume) yang disikatkan pada beton lama.
- c. Untuk struktur pelat kedap air, permukaan dari pelat beton lama harus dilapisi dengan bahan perekat beton polyvinyl acrylic (polyvinyl acrylic concrete bonding agent) seperti disetujui oleh “Konsultan MK yang ditunjuk”.
- d. Untuk struktur balok kedap air, permukaan dari balok beton lama harus dilapisi dengan bahan perekat beton epoxy dengan bahan dasar semen

(epoxy cement base concrete bonding agent) seperti disetujui oleh “Konsultan MK yang ditunjuk”.

- e. Pengecoran beton baru sesegera mungkin sebelum campuran air dan semen murni atau bahan perekat beton yang dilapiskan pada permukaan beton lama mengering.

4.9. Percobaan Beton

- a. Gudang/tempat penyimpanan contoh benda uji

Gudang penyimpanan yang terjamin atau ruangan harus disediakan oleh ”Kontraktor” untuk menyimpan benda-benda uji silinder beton, selama pemeliharaan. Gudang harus mempunyai ruang yang cukup untuk menampung semua fasilitas yang diperlukan dan semua benda uji silinder yang dimaksudkan. Kontraktor harus menyerahkan detail dari gudang kepada ”Konsultan MK yang ditunjuk” untuk persetujuan. Gudang harus dilengkapi dengan pintu yang kuat dan kunci yang bermutu baik. ”Konsultan MK yang ditunjuk” berhak untuk langsung meninjau ruang/guang penyimpanan contoh benda uji silinder tersebut.

- b. Percobaan laboratorium

Contoh-contoh untuk test kekuatan harus diambil sesuai dengan PBI-71 NI-2, ASTM C-172, ASTM C-31.

- c. Penyelidikan dari hasil percobaan dengan kekuatan rendah

Apabila mutu benda uji berdasarkan hasil percobaan kekuatan silinder ternyata lebih rendah dari yang diisyaratkan, maka harus dilakukan percobaan-percobaan dengan tahapan sebagai berikut:

- Hammer Test, percobaan palu beton, harus sesuai dengan ASTM C-805-79. Apabila hasil dari percobaan ini masih lebih rendah dari yang diisyaratkan, maka harus dilakukan percobaan tahap berikut dibawah ini.
- Drilled Core Test, harus sesuai dengan ASTM C42-77. Apabila hasil dari percobaan drilled core ini masih lebih rendah dari yang diisyaratkan, maka harus dilakukan percobaan tahap berikut di bawah ini.
- Loading test/percobaan pembebanan harus sesuai dengan PBI-71 dan ACI-318-89. Apabila hasil dari percobaan pembebanan ini masih lebih rendah dari yang diisyaratkan, maka beton dinyatakan tidak layak dipakai.

PASAL 4

PEKERJAAN STRUKTUR GEDUNG

4. Pekerjaan Struktur

4.1. Pekerjaan Beton Bertulang

4.1.1. Pekerjaan Pembesian

4.1.1.1. Bahan

- a. Besi tulangan yang dipakai adalah BJTP dengan mutu U-24 ($f_y=2400 \text{ kg/cm}^2$) untuk tulangan polos dan BJTD dengan mutu U-39 ($f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2$) untuk tulangan berulir

menurut PBI 1971 atau, kecuali disebutkan lain dalam Gambar Rencana.

- b. Pekerjaan Plat pasang sesuai gambar kerja dan spesifikasi dari pabrik pembuat produk tersebut.
- c. Bila besi tulangan oleh Konsultan Pengawas diragukan kualitasnya, harus diperiksa di Lembaga Penelitian Bahan-bahan yang diakui pemerintah, atas biaya kontraktor.
- e. Ukuran besi tulangan tersebut harus sesuai dengan gambar. Penggantian dengan diameter lain, hanya diperkenankan atas persetujuan tertulis Manajemen Konstruksi. Bila penggantian disetujui, maka luas penampang yang diperlukan tidak boleh kurang dari yang tersebut di dalam gambar atau perhitungan. Segala biaya yang diakibatkan oleh penggantian tulangan terhadap yang di gambar, adalah tanggungan kontraktor.
- f. Semua besi tulangan harus disimpan ditempat yang terlindung dan bebas lembab, dipisahkan sesuai diameter, mutu baja serta asal pembelian. Semua baja tulangan harus dibersihkan terhadap segala macam kotoran, lemak serta karat.

4.1.1.2. Lingkup Pekerjaan

- a. Pembesian struktur kolom, sloof, poer, dan balok utama sesuai dengan gambar kerja.
- b. Plat lantai dengan pembesian wiremesh setara Union Mesh.
- c. Pembuatan kolom praktis, konsol, balok lintel, ring atas kusen dan sirip.

4.1.1.3. Cara Pelaksanaan

- a. Baja tulangan untuk plat, kolom, balok dan poer harus bersih dari kotoran-kotoran karat, olie, dan kotoran-kotoran lain yang dapat menyebabkan berkurangnya ikatan besi tulangan dan beton yang akan dicor.
- b. Baja tulangan harus dibengkok/ dibentuk dengan cermat sesuai bentuk dan ukuran yang tertera dalam gambar kerja. Batang dibengkokkan dalam keadaan dingin, pemanasan dari besi beton hanya diperkenankan bila seluruh cara pengerjaan disetujui oleh pengawas.
- c. Besi beton harus tetap pada tempatnya, dipasang secara teliti, tulangan harus diikat dengan kawat beton/ bendrat dengan bantalan balok beton/ decking atau kursi besi / cakar ayam perenggang, spacer atau logam gantung sesuai dengan keperluan. Dalam segala bentuk besi beton yang horisontal harus digunakan penunjang yang tepat sehingga tidak ada penurunan. Dimana bagian penunjang tersebut harus menonjol diatas dasar beton yang direncanakan untuk

menerima plesteran yang rata, penunjang ini harus dibuat dari logam yang tidak berkarat.

d. Jarak terkecil antara batang yang paralel harus sama dengan diameter dari batang-batang tetapi jarak terbuka tidak boleh kurang dari 1,2 kali ukuran terbesar dari agregat kasar dan harus memberi kesempatan masuknya alat penggetar beton.

e. Penyambungan

Jika diperlukan menyambung tulangan ditempat lain dari yang ditunjuk dalam gambar kerja, bentuk dari sambungan harus ditentukan oleh pengawas lapangan. Overlap pada sambungan tulangan sedikitnya harus 40 kali diameter batang, kecuali jika telah ditetapkan secara pasti pada gambar kerja harus mendapat persetujuan pengawas lapangan.

f. Lain – lain

Apabila ada pekerjaan pembesian lama yang akan disambung dengan yang baru, dan lain sebagainya yang dapat merubah kekuatan, kontraktor wajib melaporkannya kepada pengawas untuk diambil keputusan selanjutnya.

4.1.2. Pekerjaan Beton

4.1.2.1. Bahan

Beton yang yang dipakai adalah Beton K-300 kg/cm ($f_c = 25$ MPa) untuk semua struktur utama (Kolom, Balok, Pelat, Pondasi, Balok Ring/konsol/sloof dan tangga). Beton Praktis dengan campuran 1Pc:2Ps:3Kr.

- Semen Portland/PC

Semen portland yang dipakai harus dari tipe I menurut Peraturan Semen Portland Indonesia 1972 (NI-8) atau. Semen harus sampai di tempat kerja dalam kantong-kantong semen asli pabrik serta dalam kondisi baik dan kering. Merk PC buatan dalam negeri seperti Semen Tiga Roda, Kujang, Gresik atau lainnya, dengan persetujuan Konsultan Pengawas. Semen harus disimpan di dalam gudang yang kering, tidak lembab atau bocor bila hujan, dan ditumpuk di atas lantai yang bersih dan kering. Kantong-kantong semen tidak boleh ditumpuk lebih dari sepuluh lapis. Penyimpanan selalu terpisah untuk setiap periode pengiriman. Penyimpanan & pemakaian semen tidak boleh dicampur antara satu merk dengan lainnya.

- Agregat (pasir, kerikil atau batu pecah).

Sebagai Agregat halus dan kasar dipakai agregat dari batuan alami yang memenuhi syarat menurut PBI 1971 (NI-2) pasal 3.3, 3.4 dan 3.5. Agregat untuk

pengecoran beton digunakan ukuran maksimal 20 mm. Agregat tidak boleh mengandung bahan yang dapat merusak beton dan ketahanan tulangan terhadap karat. Untuk itu kontraktor harus mengajukan contoh yang memenuhi syarat dari berbagai sumber (tempat pengambilannya).

Pasir laut tidak boleh digunakan.

Agregat halus dan kasar harus disimpan di tempat yang saling terpisah dalam tumpukan yang tidak lebih dari 1 m. Agregat harus bersih, padat, kering dan harus dicegah terhadap pengotoran oleh tanah dll. Sebelum boleh digunakan agregat harus disetujui terlebih dahulu berdasarkan hasil penelitian di laboratorium pemeriksaan bahan yang diakui pemerintah.

▪ **A i r.**

Air untuk campuran dan untuk pemeliharaan beton harus dari air bersih dan tidak mengandung zat yang dapat merusak beton. Air tersebut harus memenuhi syarat-syarat menurut PBI 1971 (NI-2) pasal 3.6. Apabila ada keraguan-raguan mengenai kualitas air, maka kontraktor diharuskan mengirim contoh air itu ke laboratorium pemeriksaan bahan-bahanyang diakui pemerintah untuk di periksa/diselidiki atas biaya

kontraktor. Penentuan laboratorium oleh Konsultan Pengawas.

- Besi tulangan.
 - a. Besi tulangan yang dipakai harus dari baja mutu U-24 ($f_y=2400$ kg/cm²) besi tulangan polos dan besi tulangan U-39 ($f_y = 3900$ kg/cm²) tulangan berulir menurut PBI 1971 atau, kecuali disebutkan lain dalam Gambar Rencana.
 - b. Bila besi tulangan oleh Konsultan Pengawas diragukan kualitasnya, harus diperiksa di Lembaga Penelitian Bahan-bahan yang diakui pemerintah, atas biaya kontraktor.
 - c. Ukuran besi tulangan tersebut harus sesuai dengan gambar. Penggantian dengan diameter lain, hanya diperkenankan atas persetujuan tertulis Konsultan Pengawas. Bila penggantian disetujui, maka luas penampang yang diperlukan tidak boleh kurang dari yang tersebut di dalam gambar atau perhitungan. Segala biaya yang diakibatkan oleh penggantian tulangan terhadap yang di gambar, adalah tanggungan kontraktor.
 - d. Semua besi tulangan harus disimpan ditempat yang terlindung dan bebas lembab, dipisahkan sesuai

diameter, mutu baja serta asal pembelian. Semua baja tulangan harus dibersihkan terhadap segala macam kotoran, lemak serta karat.

- Bahan campuran tambahan (admixture)
 - a. Pemakaian bahan tambahan kimiawi (concrete admixture) kecuali yang disebut tegas dalam gambar atau persyaratan harus seijin tertulis dari Konsultan Pengawas, untuk mana kontraktor harus mengajukan permohonan tertulis. Kontraktor harus mengajukan merk dan tipe serta bukti penggunaan selama 5 tahun di sekitar lokasi pembangunan ini.
 - b. Bahan tambahan yang mempercepat pengerasan permulaan (initial set) tidak boleh dipakai, sedangkan untuk beton kedap air di bawah tanah tidak boleh digunakan waterproofer yang mengandung garam-garam yang bersifat racun (toxin).
 - c. Bahan campuran tambahan untuk memperlambat initialset "retarder" hanya boleh digunakan dengan ijin tertulis dari Konsultan Pengawas berdasarkan hasil uji dari laboratorium bahan-bahan yang diakui pemerintah.

d. Dosis dan cara penggunaannya harus sesuai dengan petunjuk teknis dari pabrik. Pemakaian admixture tidak boleh menyebabkan dikurangnya kadar semen dalam adukan.

- Lapisan pelindung beton.

Untuk lapisan pelindung plat lantai atap beton harus mendapat persetujuan terlebih dahulu dari Konsultan Pengawas.

- A c u a n / Form work/ Bekisting

Bahan acuan untuk beton struktur utama dapat dibuat dari multiplek minimal tebal 9 mm dengan ukuran 1,22 x 2,44 m dengan rangka penguat, penyokong, penyangga kayu 5/7, 5/10 sehingga mendapat kekakuan dan kekuatan. Scaffolding / pipa besi wajib dipakai sebagai steiger dan harus kokoh sehingga mampu mendukung beton tanpa melentur sampai selesai proses pengerasan beton. Kontaktor harus mengajukan rencana pelaksanaan pembentuk cetakan untuk mendapatkan persetujuan dalam waktu 2 x 24 jam Adukan Beton Siap Pakai :

- a. Jika menggunakan adukan beton siap pakai (ready mixed), maka semua beton Ready Mixed harus disupply dari perusahaan yang disetujui oleh

Konsultan Pengawas. Nama dan alamat dari perusahaan beton Ready Mixed harus disampaikan untuk persetujuan Konsultan Pengawas jika diperlukan.

- b. Perusahaan tersebut. Tanpa dilakukan peninjauan dan atau dengan persetujuan Konsultan Pengawas, tidak melepaskan kontraktor dari tanggung jawabnya atas semua beton Ready Mixed dimana harus memenuhi semua syarat dari spesifikasi.
- c. Beton Ready Mixed harus sudah dicor pada tempatnya dalam waktu maximum 2 jam dihitung dari mulai air dicampurkan kedalam adukan beton, kecuali jika digunakan retarder boleh sampai maksimum 4 jam.
- d. Kontraktor harus menjamin bahwa semua pencatatan di batching plant dibuat dengan benar untuk semua kegiatan pada waktu material dicampur dan pada waktu air ditambahkan. Waktu ini hendaknya disertakan pada bon pengiriman bersama-sama dengan truck mixer, ditandatangani oleh penanggung jawab dari plant. Buku catatan berisi informasi - informasi berikut :
 - Waktu kedatangan truck mixer.

- Waktu pencampuran material-material dan air di batching plant.
 - Pencatatan nomor truck mixer
 - Waktu ketika beton mulai dituangkan/dicor sampai dengan selesai
 - Elemen bangunan yang dicor.
 - Pengambilan sampel untuk uji silinder , minimal 1 buah tiap truk mixer untuk uji kuat tekan di laboratorium yang diakui oleh pemerintah sesuai umur beton yang ditentukan oleh Konsultan Pengawas.
 - Slump adukan beton tersebut pada awal dan akhir pengecoran diambil dari adukan pada truck yang sama.
- e. Kontraktor bertanggung jawab atas semua hasil pengecoran dari Ready Mixed. Konsultan Pengawas berhak untuk mengganti perusahaan Ready Mixed selama pekerjaan ini, jika ternyata syarat-syarat yang ditentukan pada spesifikasi ini tidak terpenuhi.
- f. Semua bahan yang digunakan harus mendapat persetujuan Konsultan Pengawas.

4.1.2.2. Macam Pekerjaan

- a. Untuk perhitungan penawaran campuran beton dibuat dengan perbandingan volume dengan macam campuran seperti tersebut di bawah ini :

Macam	Perbandingan	Penggunaan
C1	1pc : 3ps : 5kr	Untuk pekerjaan beton tidak bertulang rabat, neut,
		lantai kerja, batu tepi, dan lantai beton tumbuk dan
		beton lain yang bersifat non structural
C2	1pc : 2ps : 3kr	Untuk semua pekerjaan beton bertulang. Sloof, pondasi,
		plat lantai, balok ring, beton cycloop, lantai beton bertulang,
		kolom beton dan konstruksi beton lain yang bersifat struktural
C3	1pc : 1 1/2ps : 2 1/2kr	Untuk semua pekerjaan beton bertulang kedanp air, plat atap
		dan leuifel balok

Catatan : Untuk beton macam c1 harus memenuhi syarat mutu beton B.0. menurut PBI 1971

- b. Pelaksanaan pembetonan dari beton menggunakan beton ready mix dengan perbandingan campuran ini harus meliputi slump, kadar air, kadar semen, pasir dan agregat kasar untuk 1 m³ beton, dan ditentukan berdasarkan penelitian campuran uji laboratorium pemeriksaan bahan-bahan yang diakui pemerintah, serta dijamin minimum dapat mencapai kekuatan K-300 pada umur 28 hari tanpa penggunaan

accelerator. Semua biaya untuk penentuan perbandingan campuran ditanggung oleh pemborong. Untuk beton kedap air macam C3, kadar semen (PC) secara minimum ditentukan 325 kg/m³.

4.1.2.3. Syarat-Syarat Pelaksanaan

- a. Pelaksanaan penakaran semen dan agregat harus dengan kotak-kotak takaran yang volumenya sama.
- b. Banyaknya air untuk campuran beton harus ditentukan sedemikian rupa sehingga tercapai slump yang didalam batas-batas yang diijinkan. Dalam hal ini perlu diadakannya pengujian slump sesuai dengan ketentuan di dalam PBI 1971 pasal 4.4.
- c. Secara periodik harus dilaksanakan pengujian kekuatan tekan kubus beton sesuai dengan ketentuan di dalam PBI 1971 pasal 4.7. dan pasal 4.9 (3 periode). Biaya pengujian tersebut ditanggung oleh Kontraktor.
- d. Pengadukan, pengangkutan, pengecoran, pemadatan dan perawatan beton harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan di dalam PBI 1971 pasal 6.1 sampai dengan pasal 6.6 terutama harus diperhatikan : Pengadukan semua beton harus dilaksanakan dengan mesin pengaduk beton (beton molen). Pemadatan beton untuk konstruksi beton

bertulang harus dengan mesin penggetar (vibrator) Pemasangan bekisting harus rapi dan kaku sehingga setelah di bongkar memberikan bidang yang rata, tidak melengkung, tidak keropok dan hanya memerlukan sedikit penghalusan. Celah-celah antara papan harus cukup rapat sehingga pada waktu pengecoran tidak ada air adukan yang keluar. Sebelum pengecoran, sisi dalam dari bekisting harus disiram dengan air dan bebas dari kotoran atau benda-benda lain yang tidak diperlukan. Tiang - tiang penyangga harus dibuat dari kayu, tidak boleh dari bambu. Konstruksi acuan harus dibuat cukup kuat sehingga tidak berubah bentuknya atau melendut pada waktu pengecoran beton.

e. Pekerjaan Pembesian

Pemasangan tulangan harus sesuai dengan gambar struktur dan overlap (sambungan lewatan) harus sesuai ketentuan dalam PBI 1971 NI - 2. Pemasangan tulangan harus diikat sedemikian rupa dengan kawat baja, sehingga didapat jaminan bahwa kedudukan tulangan tidak berubah pada saat beton dicor. Blok-blok penyangga tulangan (plat deking) harus sesuai dengan tebal penutup beton, dan paling sedikit sama kuatnya dengan betonnya dan harus dirancang dan ditempatkan sedemikian sehingga blok-blok

penyanga itu tidak menyebabkan noda-noda pada permukaan yang terbuka.

f. Penyimpanan Tulangan

- Kontraktor berkewajiban untuk menjaga supaya material/barang-barang yang telah diserahkan kepadanya, tetap baik keadaannya dan jika perlu untuk menyokong bagianbagian konstruksi yang harus diangkat diberi kayu penutup sandar-sandar dan sebagainya.
- Bagian-bagian besi tulangan harus diangkat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi puntiran-puntiran, bila perlu digunakan ikatan-ikatan sementara untuk mencegah timbulnya tegangan yang melewati tegangan yang diijinkan, dan ikatan sementara tersebut dibiarkan terpasang sampai pemasangan seluruh konstruksi selesai. Memotong dan menyelesaikan pinggiran-pinggiran bekas irisan, gilingan, masakan dan lainlain.

g. Perawatan

Untuk melindungi beton yang di cor dari cahaya matahari, angin dan hujan sampai beton itu mengeras dengan baik dan untuk mencegah pengeringan terlalu cepat harus diambil tindakan sebagai berikut :

- Semua cetakan yang sudah diisi dengan adukan beton harus dibasahi terus menerus sampai cetakan tersebut dibongkar.
- Setelah pengecoran semua permukaan beton yang tidak tertutup cetakan harus dibasahi terus menerus selama 14 hari berturut-turut, secara periodik dan tidak menunggu sampai dengan permukaan beton menjadi kering.
- Perhatian khusus harus diberikan pada permukaan-permukaan plat lantai, harus ditutup dengan karung basah atau dengan cara lain yang sesuai untuk mencegah proses pengeringan terlalu cepat dan agar permukaan beton pelat lantai tersebut selalu basah/lembab.
- Tidak diperkenankan menaruh bahan-bahan diatas lantai yang menurut Konsultan Pengawas belum cukup mengeras atau mempergunakan lantai tersebut sebagai jalan untuk mengangkut bahan-bahan.

h. Pembongkaran Begisting

Pembongkaran acuan harus dilaksanakan sesuai dengan ketentuan PBI 1971 pasal 5.8, yaitu :

- Pembongkaran bekisting hanya boleh dilaksanakan dengan ijin tertulis dari Konsultan Pengawas dimana bagian struktur beton vertikal (kolom dan dinding) disanggah dengan penurapan boleh dibongkar setelah 7 hari atau dengan syarat bahwa betonnya telah cukup keras dan tidak cacat akibat pembongkaran tersebut. Bagian struktur beton yang disanggah dengan penumpu (pelat dan balok) tidak boleh dibongkar sebelum betonnya mencapai kekuatan yang minimal untuk menyangga beratnya sendiri dan beban-beban pelaksanaan, dalam hal apapun bekisting dalam jenis struktur ini tidak boleh dibongkar sebelum umur 14 hari.
- Setelah bekisting dibuka, tidak diijinkan mengadakan perubahan apapun pada permukaan beton tanpa persetujuan tertulis dari Konsultan Pengawas, dimana kemungkinan harus dibobok bila terdapat penonjolan-penonjolan dan digrouting bagian-bagian dimana terdapat sarang kerikil/keropos.

i. Pengujian Beton

- Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan ini mencakup prosedur yang harus dilakukan guna pengambilan contoh Benton selama pelaksanaan pekerjaan pengecoran beton. Pekerjaan ini mencakup penyediaan peralatan seperti :

- Alat – alat laboratorium dan peralatan yang dibutuhkan
 - Perlengkapan penyimpanan
 - Ready mix
 - Kerucut slump
 - Kubus beton
 - Kotak-kotak untuk pengangkutan silinder
- Syarat-syarat Pelaksanaan
 - a. Uji Slump
- Uji slump harus dilakukan setiap kali pembuatan uji beton silinder. Metoda ini memenuhi standar sebagai berikut :
- Kerucut slump harus dibersihkan dengan baik
 - Isi kerucut dengan adukan beton dengan ketebalan setiap lapis $\frac{1}{3}$ dari ketinggian kerucut
 - Sebelum ditambah lapisan berikutnya, terlebih dahulu lapisan yang pertama

dipadatkan dengan cara menusuk-nusukan batang besi dengan hati-hati dan merata sebanyak 25 (dua puluh lima) kali

- Ratakan puncak kerucut dengan perlahan sehingga kerucut slump terisi penuh.
- Bersihkan adukan beton yang berserakan disekitar alas kerucut.
- Angkat kerucut Slump dari adukan beton dan biarkan selama 5 (lima) detik, dan kerucut harus diangkat hanya ke arah vertikal
- Pengukuran nilai slump harus dilakukan segera, nilai slump adalah perbedaan antara tinggi kerucut slump dengan tinggi adukan beton.
- Nilai slump harus sesuai dengan persyaratan yang dalam PBI (NI-2, 1971).
- Slum 10 ± 2 , sample Slum 1 Set diambil setiap 15m

b. Uji Kubus

- Benda – benda uji kubus harus dibuat dengan cetakan-cetakan dengan ukuran 20 x 20 x20 cm, paling sedikit mempunyai dua

dinding yang berhadapan terdiri dari bidang – bidang yang rata betul dan terbuat dari pelat baja, cetakan dilapisi dengan bahan lain agar mudah lepas dari beton.

- Adukan beton untuk benda – benda uji harus diambil langsung dari mesin pengaduk dengan menggunakan ember yang tidak menyerap air, bila perlu beton diaduk lagi sebelum dicetak.
- Pada adukan beton encer, adukan beton diisikan kedalam cetakan 3 lapis yang kira-kira sama tebalnya, dimana masing-masing lapis ditusuk-tusuk 10x dengan tongkat baja berdiameter 16 mm dan ujungnya dibulatkan. Pada adukan beton yang kental cetakan harus diberi sambungan tambahan keatas, kemudian adukan diisikan sekaligus, Selanjutnya adukan didalam cetakan harus dipadatkan dengan cara sesuai dengan cara pada pelaksanaan sesungguhnya. Pada mesin-mesin penggetar tersebut harus dimasukkan sentries ke dalam kubus tanpa menyentuh dasarnya. Pengetaran harus

dilanjutkan sampai permukaan adukan beton nampak mengkilap oleh air semen. Kemudian jarum penggetar harus ditarik dari adukan beton dengan kecepatan 5 detik.

- Kubus-kubus uji yang baru dicetak harus disimpan ditempat yang bebas getaran dan ditutupi dengan karung basah selama 24 jam, setelah mana kubus-kubus tersebut dilepaskan hati-hati dari cetakannya. Jangka waktu 24 jam ini harus diperpanjang apabila ternyata betonnya belum cukup mengeras. Sesudah itu, masing-masing kubus diberi tanda seperlunya dan disimpan ditempat suhu udara luar.
- Sebelum kubus uji diperiksa kekuatannya, ukurannya harus ditentukan dengan ketelitian sampai mm. Apabila berat isi dari beton juga harus ditentukan, maka berat beton harus ditentukan dengan ketelitian sampai ratusan gram.
- Pada pengujian selanjutnya kubus-kubus beton dikirim ke Laboratorium beton untuk

dilaksanakan pengujian-pengujian yang memenuhi standar persyaratan beton.

4.1.3. Pekerjaan Begisting

4.1.3.1. U m u m

a. Lingkup Pekerjaan

- Kayu dan baja untuk bekisting beton cor ditempat, lengkap dengan perkuatan dan pengukuran-pengukuran yang diperlukan.
- Penyediaan bukaan atau sparing dan sleeve untuk pekerjaan-pekerjaan Mekanikal dan Elektrikal
- Penyediaan Waterstops
- Penyediaan angkur-angkur untuk hubungan dengan pekerjaan lain.

b. Peraturan-peraturan

❖ Standar Indonesia

- Peraturan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI) – 1982, NI – 3
- Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PPKI) – 1961, NI - 5
- Peraturan Standar Beton 1991 (SK.SNI T-15-1991-03)

❖ ACI : American Concrete Institute, USA

- 303 – Guide to Cast In place Architectural Concrete Practice

- 318 – Building Code Requirements for Reinforced Concrete
- 347 – Recommended Practice for Concrete Form Work
- SP4, Special publication 34 – Form Work for Concrete

c. Shop Drawing

- a. Dimana diperlukan, menurut Pemberi Tugas atau Perencana, harus dibuat Shop Drawing.
- b. Siapkan shop drawing tipikal untuk tiap rancangan bekisting yang berbeda, yang memperlihatkan :
 - dimensi
 - metode konstruksi
 - bahan
 - hubungan dan ikatan-ikatan (ties)

4.1.3.2. B a h a n

❖ Bekisting Beton Biasa (Non Ekspose)

- a. Plywood $t = 12$ mm.
- b. Paku, angkur dan sekrup-sekrup; ukuran sesuai dengan keperluan dan cukup kuat untuk menahan bekisting agar tidak bergerak ketika dilakukan pengecoran.

❖ Syarat-syarat Umum Bekisting

- a. Tidak mengalami deformasi. Bekisting harus cukup tebal dan terikat kuat.
- b. Kedap air; dengan menutup semua celah dengan tape.

- c. Tahan terhadap getaran vibrator dari luar maupun dari dalam bekisting.

4.1.3.1. Pelaksanaan

❖ Pemasangan Bekisting

- a. Tentukan jarak dan level sebelum memulai pekerjaan. Pastikan ukuran-ukuran ini sudah sesuai dengan gambar.
- b. Pasang bekisting dengan tepat dan sudah diperkuat (bracing), sesuai dengan design dan standard yang telah ditentukan; sehingga bisa dipastikan akan menghasilkan beton yang sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan akan bentuk, keseluruhan dan dimensi.
- c. Hubungan-hubungan antara papan bekisting harus lurus dan harus dibuat kedap air, untuk mencegah kebocoran adukan atau kemungkinan deformasi bentuk beton. Hubungan-hubungan ini harus diusahakan seminimal mungkin.
- d. Perkuat-perkuat pada bukaan-bukaan dibagian-bagian yang struktural yang tidak diperlihatkan pada gambar harus mendapatkan pemeriksaan dan persetujuan dari Direksi.
- e. Pada bagian-bagian yang akan terlihat, tambahkan pinggulan-pinggulan (chamfer strips) pada sudut-sudut

luar (vertikal dan horisontal) dari balok, kolom dan dinding.

- ❖ Sisipan (Insert), Rekatan (Embedded) dan buka (Opening).
 - a. Sediakan bukaan pada bekisting dimana diperlukan untuk pipa, conduits, sleeves dan pekerjaan lain yang akan merekat pada atau melalui / merembes beton.
 - b. Pasang langsung pada bekisting alat-alat atau yang pekerjaan lain yang akan dicor langsung pada beton.
 - c. Koordinasi bagian dari pekerjaan lain yang terlibat ketika membentuk atau menyediakan bukaan, slots, recessed, sleeves, bolts, angkur dan sisipansisipan lainnya. Jangan laksanakan pekerjaan diatas jika tidak secara jelas atau khusus ditunjukkan pada gambar yang berhubungan.
 - d. Pemasangan water stops harus kontinyu (tidak terputus dan tidak mengubah letak besi beton).
 - e. sediakan bukaan sementara pada beton dimana diperlukan guna pembersihan dan inspeski. Tempatkan bukaan dibagian bawah bekisting guna memungkinkan air pembersih keluar dari bekisting. Penutup bukaan sementara ini harus dengan bahan yang memungkinkan merekat rapat, rata dengan permukaan dalam bekisting, sehingga sambungannya tidak akan tampak pada permukaan beton ekspose.

❖ Kontrol Kualitas.

- a. Periksa dan kontrol bekisting yang dilaksanakan telah sesuai dengan bentuk beton yang diinginkan, dan kekuatan-perkuatannya guna memastikan bahwa pekerjaan telah sesuai dengan rancangan bekisting, wedgeties, dan bagianbagian lainnya aman.
- b. Informasikan pada Pemberi Tugas jika bekisting telah dilaksanakan, dan telah dibersihkan, guna pelaksanaan pemeriksaan. Mintakan persetujuan Direksi terhadap bekisting yang telah dilaksakan sebelum dilaksanakan pengecoran beton.
- c. Untuk permukaan beton ekspose, pemakaian bekisting kayu lebih dari 2 kali tidak diperkenankan. Penambahan pada bekisting, juga tidak diperkenankan kecuali pada bukaan-bukaan sementara yang diperlukan.
- d. Bekisting yang akan dipakai ulang harus mendapatkan persetujuan sebelumnya dari Direksi Lapangan.

❖ Pembongkaran bekisting

Pembongkaran bekisting hanya boleh dilaksanakan dengan ijin tertulis dan Konsultan dimana bagian struktur beton vertikal disanggah dengan penopangan boleh dibongkar setelah 3 hari dengan syarat bahwa betonnya telah cukup keras dan tidak cacat akibat pembongkaran tersebut. Bagian struktur

beton yang disanggah dengan penumpu tidak boleh dibongkar sebelum betonnya mencapai kekuatan yang minimal untuk menyanggah beratnya sendiri dan beban-beban pelaksanaan, dalam hal apapun bekisting dalam jenis struktur ini tidak boleh dibongkar sebelum berumur 14 hari / tergantung hasil silinder test laboratorium. Setelah bekisting dibuka, tidak diizinkan mengadakan perubahan apapun pada permukaan beton tanpa persetujuan tertulis dari Konsultan, dimana kemungkinan harus dibobok bila terdapat sarang kerikil / keropos dan diadakan perbaikan bidang beton.

8.3 PERSYARATAN TEKNIS PEKERJAAN ARSITEKTUR DAN PLUMBING

PASAL 1

PEKERJAAN PASANGAN DAN PLESTERAN

1. Pekerjaan Pasangan dan Plesteran

1.1. Bahan

1.1.1. Semen Portland / PC

Semen untuk pekerjaan spesi pasangan batu dan bata merah serta plesteran dan aci. Tentang ketentuan bahan ini sama dengan yang digunakan untuk pekerjaan beton (lihat Pasal 4.2).

1.1.2. Spesi Perekat Beton Ringan

Merupakan bahan untuk menempelkan antara beton ringan satu dengan yang lainnya, khususnya untuk dinding. Ketentuan Spesi perekat ringan adalah mengandung semen dan bahan perekat, ex. Lemkra, SIKA atau setara.

1.1.3. Skim Coat (bahan acian)

Merupakan bahan acian dinding yang memiliki ciri butiran halus (seperti semen), memiliki daya rekat tinggi. Bahan ini digunakan untuk mengaci langsung (tanpa plesteran) dinding Beton Ringan dengan syarat kondisi dinding bata ringan harus rata. Apabila dinding menggunakan batu bata merah tidak bisa langsung tetapi harus diplester dahulu kemudian menggunakan skim coat sebagai aciannya. Pada saat akan dicat tidak perlu diplamir ex. Lemkra atau setara.

1.1.4. Pasir

Pasir yang digunakan harus pasir yang berbutir tajam dan keras. Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh lebih besar dari 5 % Pasir harus memenuhi persyaratan.

1.1.5. A i r

Air yang digunakan untuk adukan dan plesteran sama dengan di pekerjaan beton (lihat Pasal 4).

1.1.6. Batu bata (bata merah).

Bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak pembakarannya harus merata dan matang. Bata merah tersebut ukurannya harus memenuhi persyaratan NI - 10 dan PUBB 1971 (NI - 3). Ukuran batu bata harus seragam, sesuai gambar rencana Kerusakan akibat pengangkutan tidak boleh melebihi 20 %. Bila ternyata persentase kerusakan diatas angka tersebut, maka pengiriman batu bata tersebut dibatalkan/tidak diterima.

1.1.7. Beton ringan.

Beton ringan harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak pembakarannya harus merata dan matang. Beton ringan tersebut ukurannya harus memenuhi persyaratan NI - 10 dan PUBB 1971 (NI - 3). Beton ringan yang digunakan adalah batu bata tanah liat biasa, produksi setempat ukuran nominal sesuai persetujuan Direksi. Ukuran batu bata harus seragam, sesuai AV. Kerusakan akibat pengangkutan tidak boleh melebihi 10 %. Bila ternyata persentase kerusakan diatas angka tersebut, maka pengiriman batu bata tersebut dibatalkan/tidak diterima.

1.1.8. Batu gunung/batu Belah.

Batu yang dipilih berasal dari belahan Batu gunung yang akan digunakan untuk pondasi Batu Belah. Batu belah tersebut harus bersih dari kotoran, keras dan memenuhi persyaratan yang ada di PUBI 1971 (NI - 3).

1.1.9. Kerikil (split).

Kerikil (split) yang digunakan berasal dari batu gunung yang dipecah. Ada dua cara pemecahan yaitu menggunakan manual (pecah tangan) dan pecah mesin. Kedua sistem pemecahan tersebut harus memenuhi persyaratan PUBB 1971 dan PBI 1971. Kerikil (split) harus cukup keras, bersih serta susunan butir gradasinya menurut kebutuhan.

1.2. Syarat-syarat pelaksanaan

1.2.1. Pasangan batu kosong.

Pasangan batu kosong untuk aanstamping harus diatur dengan sisi panjang tegak, teratur dan bersilang kemudian diatas diberi pasir yang merata dan disiram dengan air hingga pasir mengisi lubang - lubang yang terdapat disela-sela batu kemudian ditimbris.

1.2.2. Pasangan batu belah (batu gunung atau batu kali)

- a. Pemasangan batu belah untuk pondasi memakai aanstamping dan diberi dasar pasir setebal 15 cm disiram air hingga padat.
- b. Batu belah harus bersih dari kotoran, ukuran sisi maksimum 20 cm dan pemasangan harus bersilang, semua permukaan bagian dalam harus terisi adukan (mortar) sesuai dengan campuran yang

digunakan, semua naat yang tebal harus diisi batu kricak. Tinggi pemasangan dalam satu hari tidak boleh lebih dari 0,50 m.

1.2.3. Pasangan batu bata

- a. Batu bata yang akan dipasang harus direndam dalam air hingga jenuh dan sebelum dipasang harus bebas dari segala jenis kotoran. Cara pemasangannya harus lurus dan batu bata yang pecah tidak boleh melebihi 10 %. Pemasangan dalam satu hari tidak boleh melebihi 1m tangginya.
- b. Untuk pasangan setengah batu yang luasnya melebihi 12 m² harus diberi kerangka penguat dari beton bertulang macam C2 dengan pembesiannya 4 - 10 mm dan begel ϕ 6 mm - 20 cm.
- c. Lubang tembok diatas kosen yang bentangnya lebih dari 1 meter harus dipasang balok latei beton bertulang dengan campuran beton macam C2
- d. Angker dan ikatan. Angker-angker yang dijelaskan dalam bestek ini harus diletakkan dalam pertemuan - pertemuan tembok setelah membersihkan kerak- kerak yang lepas, karat dan debu bangunan.

1.2.4. Plesteran dinding dan sponing/plester sudut (konvensional – dengan campuran Pasir- Semen/PC dan acian semen/PC)

- a. Cara mengaduk adukan sesuai pasal 3 ayat 5.2. dengan catatan diaduk kering sampai rata sebelum diberi air, semua pasangan harus ditambahkan bahan-bahan anti penyusutan (anti shrinkage).
- b. Persiapan Permukaan.

Permukaan dinding bata harus cukup kering dan semua pipa saluran-saluran harus sudah terpasang pada tempatnya. Untuk mencegah mengeringnya plesteran sebelum waktunya permukaan yang telah disiapkan harus dibasahi.

- b. Semua dinding yang diplester harus bersih dari kotoran dan disiram air.
- c. Sebelumnya dibuat kepala plesteran dengan tebal sama dengan ketebalan plester yang direncanakan. Tebal plesteran paling sedikit 1,5 cm dan paling tebal 2 cm, plesteran yang baru saja selesai tidak boleh langsung difinish / diselesaikan.
- d. Plesteran diratakan dengan menggunakan kayu yang lurus, minimum panjangnya 1 meter.
- e. Selama proses pengeringan plesteran harus disiram dengan air agar tidak terjadi retak retak rambut akibat proses pengeringan yang terlalu cepat.
- f. Plesteran untuk dinding yang akan dicat tembok, penyelesaian terakhir harus digosok dengan ampelas bekas pakai atau kertas zak semen. Semua beton yang akan diplester harus dibuat kasar dulu agar plesteran dapat melekat. Untuk semua sponingan harus digunakan campuran M3, rata siku dan tajam pada sudut-sudutnya.
- g. Semua dinding yang diplester harus bersih dari kotoran dan disiram air dari papan dan lain-lain.

- h. Pada waktu-waktu tertentu selama pelaksanaan, dan bila pekerjaan telah selesai, semua plesteran yang tampak harus dibersihkan dari kotoran-kotoran akibat pekerjaan.

PASAL 2

PEKERJAAN FLOOR HARDENER DAN KEDAP AIR (WATER PROOFING)

2. Pekerjaan Floor Hardener dan Kedap Air

2.1. Bahan

Bahan waterproofing menggunakan jenis membran sheet yang digunakan harus memenuhi persyaratan dan kualitas, antara lain yang direkomendasi produk Lemkra, SIKA atau setara.

2.1.1. Macam Pekerjaan

- a. Sebelum melaksanakan pekerjaan, kontraktor harus membuat rencana kerja.
- b. pemasangan kedap air (waterproffing) dan perkerasan lantai dan diajukan kepada Pengawas/ MK untuk diteliti dan selanjutnya mendapat persetujuan.
- c. Material yang akan digunakan terlebih dahulu juga harus diajukan kepada MK untuk diteliti dan selanjutnya mendapatkan persetujuan bila sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.

- d. Melaksanakan pekerjaan pemasangan waterproofing pada area atap (dak beton) sesuai yang ditunjuk pada gambar menggunakan type MEMBRAN atau setara.
- e. Melaksanakan pekerjaan pelapisan lantai dengan cairan floorhardner sesuai menggunakan bahan MEMBRAN atau setara yang ditunjuk dalam gambar.
- f. Melaksanakan pekerjaan finising didnidng batu bata ringan menggunakan jenis LEMKRA TG 301 atau setara.

2.2. Syarat-syarat Pelaksanaan

2.2.1. Waterproofing MEMBRAN untuk atap beton

a. Umum

- Waterproofing harus dipasang sesuai dengan instruksi dari pabrik dan spesifikasi tertulis oleh aplikator yang telah berpengalaman dalam bidang waterproofing dan disetujui oleh pabrik.
- Material waterproofing harus dikirim ke lapangan dengan kondisi yang masih terbungkus dan terdapat label dari pabrik yang membuatnya, beserta no. kode produksinya.
- Aplikator harus mellindungi material waterproofing dari kerusakan akibat cuaca ataupun dari aktivitas konstruksi yang sedang berlangsung.

b. Sistem Waterproofing

- ❖ Kondisi permukaan

- Aplikator harus meninjau dan menyelidiki keadaan permukaan yang akan di waterproofing terhadap keretakan, kebocoran dan melakukan perbaikan serta persiapan-persiapan yang diperlukan untuk pekerjaan waterproofing.
- Aplikator harus yakin bahwa expansion joint, pemasangan waterstop sudah sesuai dengan spesifikasi yang tertulis, celah-celah antara beton dan lubang drainage serta pemipaan diisi dengan material grouting dan di sealant

❖ Permukaan yang akan di waterproofing

Permukaan vertikal dan horizontal yang akan di waterproofing harus bebas dari curing compound, debu, partikel-partikel halus, laitance, oli atau material-material yang dapat merusak daya lekat lainnya.

❖ Petunjuk Pelaksanaan :

- Bersihkan media dari kotoran (lumut, cat, aspal dll) / (jika pada dak beton lama terdapat flooran / plesteran harus dibongkar terlebih dahulu plesteran tersebut hingga ketemu permukaan betonan)
- Kerjakan bagian sudut, Pinggiran PVC dan retak rambut sesuai petunjuk pelaksanaan.
- Kuaskan cairan hingga rata pada media dak beton
- Tebarkan adukan Putih searah (Utara – Selatan)

- Setelah mengering selama \pm 24 jam lapisan Putih mengering, penebar adukan 105 Abu – abu arah (Barat – Timur)
- Gunakan Busa / kuas yang lembab untuk merapkannya.
- Floor / plester untuk mengatur kemiringan air.
- Diaci, keprak dengan sapu lidi untuk merapikan diatas plesteran

❖ Petunjuk Aplikasi :

- Kocok terlebih dahulu dalam botol sebelum dipakai
- Tuangkan air kedalam ember
- Masukkan serbuk pada ember
- Aduk perlahan – lahan dengan menggunakan sendok aduk
- Pengadukan berikutnya gunakan Mixer Agar adukan rata / homogen
- Biarkan adukan tadi selama \pm 3 menit sebelum dipergunakan.
- Lakukan sesuai petunjuk pelaksanaan.

2.2.2. Waterproofing MEMBRAN untuk lapisan Floor Hardener

a. Umum

- Waterproofing harus dipasang sesuai dengan instruksi dari pabrik dan spesifikasi tertulis oleh

- aplikator yang telah berpengalaman dalam bidang waterproofing dan disetujui oleh pabrik.
- Material waterproofing harus dikirim ke lapangan dengan kondisi yang masih terbungkus dan
- terdapat label dari pabrik yang membuatnya, beserta no. kode produksinya.
- Aplikator harus melindungi material waterproofing dari kerusakan akibat cuaca ataupun dari aktivitas konstruksi yang sedang berlangsung.

b. Sistem Waterproofing

❖ Kondisi permukaan

- Aplikator harus meninjau dan menyelidiki keadaan permukaan yang akan di waterproofing terhadap keretakan, kebocoran dan melakukan perbaikan serta persiapan-persiapan yang diperlukan untuk pekerjaan waterproofing.
- Aplikator harus yakin bahwa expansion joint, pemasangan waterstop sudah sesuai dengan spesifikasi yang tertulis, celah-celah antara beton dan lubang drainage serta pemipaan diisi dengan material grouting dan di sealant

❖ Permukaan yang akan di waterproofing

- Permukaan vertikal dan horizontal yang akan di waterproofing harus bebas dari curing compound, debu,

partikel-partikel halus, laitance, oli atau material-material yang dapat merusak daya lekat lainnya.

❖ Petunjuk Aplikasi :

- Tuangkan air kedalam ember yang bersih
- Masukkan serbuk MEMBRAN secara bertahap kedalam ember dengan perbandingan campuran sesuai produk yang digunakan
- Aduk hingga rata dengan menggunakan mixer
- Kuaskan cairan pada media hingga rata
- Tebarkan adukan tersebut pada media / betonan hingga rata secara bertahap
- Rapikan / haluskan dengan gosokan (roskam)

PASAL 3

PEKERJAAN KACA DAN KUSEN ALUMINIUM

3. Pekerjaan Kaca dan Kusen Aluminium

3.1. Bahan

- a. Kaca untuk exterior menggunakan Panasap dengan ketebalan, $t = 8$ mm, dengan kualitas baik dengan ketentuan dapat mengurangi panas

menahan beban angin sebesar 122 kg/m² sesuai yang tertera pada gambar, setaraf ex Asahimas dan disetujui oleh Konsultan MK.

- b. Kaca tempered untuk area pintu masuk dengan ketebalan 12 mm sesuai yang tertera pada gambar.
- c. Profil kosen alumunium yang digunakan produk alexsindo, alufindo atau setara dan produk tersebut diminta persetujuan ke Konsultan MK.
- d. Alat bantu seperti sealant glazing gasket, weater seal seperti yang disarankan
- b. pabrik untuk pengamananan hubungan kaca dan kosen alumunium dari air hujan.

3.2. Macam Pekerjaan

- a. Lingkup pekerjaan adalah pengadaan bahan, alat pemotong, pembersih, penggosok tepi dan tenaga kerja untuk jendela pemasangan kaca.
- b. Pemasangan kosen Alumunium pada pintu & jendela bagian dinding luar bangunan utama dan daun pintu & jendela alumunium seperti yang tertera pada gambar.

3.3. Syarat-syarat Pelaksanaan

- a. Untuk kosen & rangka aluminium, ajukan contoh dahulu kepada Konsultan MK untuk persetujuannya sebelum diproduksi dalam jumlah yang besar.
- b. Kaca harus dipotong menurut ukuran kosen dengan kelonggaran cukup, sehingga pada waktu pada kaca berkembang tidak pecah.

- c. Diperlukan pengukuran kosen dilapangan cara dan urutan pemasangan harus mengikuti petunjuk- petunjuk pabrik pembuatnya. Pemasangan daun pintu & jendela aluminium dilaksanakan sesuai dengan petunjuk dari Pabrik.
- d. Sealant dipakai pada bagian sisi luar permukaan kaca dengan aluminium yang berhubungan dengan udara luar.
- e. Kaca yang telah dipasang harus dapat tertanam rapih dan kokoh pada rangka terutama pada sudut-sudutnya.
- f. Kaca yang dipasang pada kosen semua sudutnya harus ditumpulkan dan sisi tepinya digosok hingga tidak tajam.
- g. Setelah selesai dipasang, kaca harus dibersihkan dan yang sudutnya retak/ pecah atau tergores harus diganti.
- h. Contoh

Sebelum pemasangan, kepada Konsultan MK harus diserahkan beberapa contoh kaca, kosen untuk disetujui.

PASAL 4

PEKERJAAN LANTAI DAN PELAPIS DINDING

4. Pekerjaan Lantai dan Pelapis Dinding

4.1. Bahan

- 4.1.1. Homogenous sekwalitas produk Nirogranite, romangranit

- a. Homogenous Tile 60 x 60 untuk ruang-ruang umum seperti tertera dalam gambar. Warna ditentukan kemudian
- b. Homogenous 10 x 60 dan 10 x 40 untuk border pada lantai atau plin dinding.
- c. Bahan harus berkualitas tinggi dan seragam dalam ukuran, warna, kilap dan tebalnya.
- d. Bahan yang cacat permukaannya tidak boleh dipakai, warna ditentukan kemudian.
- e. Kontraktor diwajibkan menunjukkan contoh-contoh terlebih dahulu kepada Konsultan MK untuk disetujui oleh Direksi.

4.1.2. Keramik setara produk Roman, Essenza

- a. Keramik ukuran 60 x 60 untuk ruang-ruang umum seperti tertera dalam gambar. Warna ditentukan kemudian
- b. Keramik Untuk Km/Wc dengan tegel keramik ukuran 30 x 30 cm dan 20 x 60 cm
- c. Bahan harus berkualitas tinggi dan seragam dalam ukuran, warna, kilap dan tebalnya.
- d. Bahan yang cacat permukaannya tidak boleh dipakai, warna ditentukan kemudian.
- e. Kontraktor diwajibkan menunjukkan contoh-contoh terlebih dahulu kepada Konsultan MK untuk disetujui oleh Direksi.

4.1.3. Lantai beton bertulang.

Bahan untuk pekerjaan lantai beton ini harus memenuhi persyaratan kualitas seperti yang diuraikan pada Pasal 4. Standard mutu yang dipakai adalah K - 300.

4.1.4. Lantai beton tumbuk

Bahan untuk pekerjaan lantai beton tumbuk harus memenuhi persyaratan kualitas seperti yang telah diuraikan pada Pasal 4 untuk pekerjaan beton tidak bertulang. Lantai beton tumbuk untuk ruang-ruang atau bagian-bagian yang tertera pada gambar.

4.2. Macam Pekerjaan.

- a. Pekerjaan lantai meliputi pemasangan keramik, pembuatan lantai beton bertulang, pembuatan lantai beton dengan bahan pengeras lantai, pembuatan lantai beton tumbuk. Semua jenis pekerjaan ini harus dilaksanakan sesuai dengan gambar rencana, dan dengan petunjuk & persetujuan Konsultan MK.
- b. Pekerjaan pemasangan pelapis dinding dari keramik dilaksanakan pada tempat tempat yang sesuai dengan petunjuk gambar rencana dan harus memenuhi persyaratan serta dilaksanakan dengan petunjuk dan persetujuan Konsultan MK.
- c. Setelah kondisi lantai rata atau flat kemudian pemasangan keramik menggunakan lem keramik pada ruang-ruang sesuai dengan gambar dan untuk keramik tidak perlu direndam. Untuk penyebaran lem keramik agar merata dan tidak kosong saat keramik ditempel dapat menggunakan alat berupa serok gigi.

- d. Pemasangan keramik pelapis dinding menggunakan lem keramik ex. Lemkra, SIKA atau setara pada Km/Wc sesuai dengan gambar dan untuk keramik tidak boleh direndam.
- e. Untuk lantai Km/Wc dengan tegel keramik ukuran 30 x 30 cm unpolised menggunakan lem keramik ex. Lemkra, SIKA atau sekwalitas.

4.3. Syarat Pelaksanaan

- a. Untuk pemasangan keramik lantai 1 menggunakan lem keramik dengan ketebalan ± 3 mm. Kondisi keramik harus kering, bersih dari debu dan tidak perlu direndam. Pemasangan keramik harus menghasilkan bidang yang rata, bebas dari retak-retak, gumpil-gumpil, nat-nat harus rapi dan lubang-lubang nat lebarnya harus sama.
- b. Pemasangan Keramik pada Lantai selanjutnya (berhubungan dengan plat lantai - beton). Apabila plat lantai – beton sudah rata maka pemasangan keramik menggunakan lem keramik bisa langsung dilakukan dengan menggunakan alat serok gigi untuk mencapai ketebalan ± 3 mm.
- c. Keramik menggunakan hasil produksi yang telah disetujui oleh MK dan Owner. Keramik harus seragam/ uniform dalam warna, ukuran, tebal serta permukaan harus rata sudutnya harus betul-betul siku. Sebelum dimulai pemasangan, Penyedia Barang / Jasa harus menyerahkan dulu untuk mendapatkan persetujuan baik dari MK, maupun dari unsur teknik Proyek.
- d. Bahan-bahan penutup dinding dari jenis lain sesuai dengan gambar ditentukan oleh Konsultan MK.

e. Untuk lantai ubin keramik yang dipasang diatas dak langsung dan atau plesteran lantai menggunakan lem keramik, ketebalan lem keramik harus sesuai dengan gambar dan merata keseluruh lantai. Dengan tahapan sebagai berikut :

- Ubin dipasang menggunakan adukan 1 kg lem keramik : 250 cc air dan hasil adukan seperti pasta, dengan ketebal lem keramik saat ditebarkan maksimal 3 mm.
- Setiap ubin keramik yang dipasang harus bersih dari debu dan tidak perlu direndam dahulu.
- Plat beton yang akan dipasang ubin/keramik harus dibersihkan dari kotoran dan debu.
- Setiap lem keramik pada setiap ubin harus padat tidak berongga.
- Celah antara ubin lebarnya 3 mm dan diisi adukan semen warna yang mengandung perekat dan fleksibel (sesuai warna ubin) kemudian dibersihkan.

4.4. Pemotongan Ubin/ Keramik

Pada prinsipnya pemotongan ubin harus dihindarkan. Pemotongan harus dilakukan dengan hati-hati dan memakai alat pemotong.

4.5. Adukan untuk pelapis dinding

- a. Adukan dasar 1 pc : 3 psr
- b. Adukan skim coat 1 kg : 400 cc air bersih
- c. Adukan lem keramik 1 kg : 250 cc air bersih

- d. Adukan untuk siar : campuran air/semen putih atau warna lain yang disetujui.

PASAL 5

PEKERJAAN LANGIT-LANGIT

5. Pekerjaan Langit-Langit

5.1. Bahan

- a. Gypsum Board (Papan Gypsum)
- b. Untuk langit-langit bagian dalam bangunan dipergunakan bahan Gypsum dengan ketebalan 9 mm..
- c. Kalsiboard (Papan Kalsium Silikat)
- d. Dengan ketebalan 6 mm.
- e. Kontraktor diwajibkan untuk mengajukan contoh terlebih dahulu untuk mendapatkan persetujuan dari Konsultan MK.
- f. Untuk Pekerjaan out door pada selasar penghubung dan tritisan menggunakan bahan metal Lambersering

5.2. Macam Pekerjaan

- a. Memasang langit - langit Gypsum, kalsiboard pada seluruh ruangan atau ruangan yang dinyatakan dalam gambar.
- b. Memasang kerangka langit-langit dari rangka METAL FURRING dengan ketebalan 0,8 mm seperti yang dinyatakan dalam gambar pada ruangan-ruangan yang menggunakan plafond, gypsum, kalsiboard.

5.3. Syarat Pelaksanaan

- a. Pemasangan Langit-langit Gypsum dan kalsiboard. Pemborong harus menyerahkan rencana pembalokan langit-langit kepada Konsultan Pengawas untuk persetujuannya.
- b. Siapkan sambungan-sambungan lubang-lubang untuk pekerjaan lain (listrik, mekanikal) pada pekerjaan langit-langit Gypsum, kalsiboard berikut penguat-penguatnya.
- c. Sebelum memasang lembaran-lembaran Gypsum, kalsiboard kontraktor wajib memeriksa kerangka plafond untuk tumpuan pemasangan telah sesuai dengan gambar, baik letak, bentuk maupun ukurannya.
- d. Seluruh rangka langit-langit digantungkan pada pelat atau balok beton dengan menggunakan penggantung dari metal yang dapat diatur ketinggiannya dan dibuat sedemikian rupa sehingga seluruh rangka dapat melekat dengan baik dan kuat, tidak dapat berubah-ubah bentuknya lagi.
- e. Setelah seluruh langit-langit terpasang, seluruh permukaan rangka harus rata, lurus dan waterpas, tidak ada bagian yang bergelombang dan batang-batang rangka harus saling tegak lurus.
- f. Rangka pokok digantung terhadap pelat beton dengan penggantung besi beton dia. 6 mm yang dipaku (fastening system) dengan paku anker ramset/hilti, ukuran dia.1/2" atau dinabolt 12 mm setiap maksimum 1 m² bidang langit-langit

- g. Semua bahan pada saat akan dipasang harus dalam keadaan bersih dan tanpa cacat, kerusakan akibat pengangkutan/penyisipan sepenuhnya menjadi tanggungan kontraktor.
- h. Seluruh struktur kerangka harus kuat hubungannya ditahan dengan baik oleh struktur atap (kuda-kuda) dan dinding, sesuai ukuran dalam gambar rencana.
- i. Lembaran-lembaran gypsum, kalsiboard harus dipasang pada Kerangka dari Hollow dan pemasangannya pada bidang-bidang plafond tidak melendut (lihat gambar rencana).
- j. Sisi dan setiap sambungan blok Gypsum atau kalsiboard untuk plafon harus rata/halus (diampelas).
- k. Kerusakan langit-langit akibat penyambungan ruangan/bangunan, dilakukan penggantian sesuai dengan gambar.
- l.

5.4. Penyimpanan Bahan-Bahan

- a. Letakan lembaran-lembaran gysum, kalsiboard yang akan dipakai didaerah yang terlindung baik dari cuaca.
- b. Tumpukan gypsum, kalsiboard diatas lima kayu penahan (alas) pada setiap panjang lembaran. Tinggi tumpukan lembaran-lembaran tidak boleh lebih dari 11/2 meter. Tempat tumpukan harus jauh dari lalu lintas kendaraan-kendaraan proyek yang mungkin akan mengganggu.

PASAL 6

PEKERJAAN CAT

6. Pekerjaan Cat

6.1. Bahan

- a. Pengertian cat disini meliputi emulsi, enamel vernis, sealer sement-emulsion filter dan pelapis-pelapis lain yang dipakai sebagai cat dasar, cat perantara dan cat akhir.
- b. Cat pigmen harus dimasukkan dalam kaleng untuk cat tembok 15 kg dan untuk cat besi 12 kg, dimana tertera nama perusahaan pembuat, petunjuk pemakaian, formula, warna, nomor seri dan tanggal pembuatannya.
- c. Untuk cat tembok, khusus untuk dinding luar dipakai cat weathershield sedangkan untuk bagian dalam menggunakan jenis cat emulsion. Kualitas cat dinding berkualitas I antara lain Movilex, Dulux atau Jotun.
- d. Plamur dan dempul untuk pekerjaan cat tembok dan cat kayu digunakan merk yang sama dengan merk cat yang dipilih.
- e. Bahan pengencer digunakan dari produksi pabrik yang sama dengan bahan yang diencerkan.
- f. Semua cat yang akan dipakai harus mendapat persetujuan Konsultan MK.

6.2. Macam Pekerjaan

- a. Mengecat dengan cat tembok semua bidang dinding exterior dan interior seperti dinyatakan pada gambar.

- b. Mengecat dengan cat meni besi semua profil-profil baja yang digunakan sebagai unsur struktural bangunan.
- c. Memelitur bidang permukaan kayu seperti yang tertera di gambar.
- d. Memeni dengan meni kayu untuk semua bidang yang akan dicat kayu termasuk bidang sambungan dan potongan kayu dan dengan meni besi untuk semua bidang yang akan dicat besi, termasuk beugel, angker, baut dan sebagainya.
- e. Mengecat semua bidang langit-langit.
- f. Warna dari semua jenis cat akan ditentukan kemudian oleh Konsultan Pengawas/Perencana atau dikonsultasikan dengan user/proyek.

6.4 Syarat-syarat Pelaksanaan

- a. Cat tembok.

Bidang yang akan di cat sebelumnya harus dibersihkan dengan cara menggosok dengan ampelas kemudian didempul sehingga permukaannya rata dan licin untuk kemudian di cat paling sedikit dua kali dengan roller 20 cm sampai baik atau dengan cara yang telah ditentukan oleh pabrik.

- b. Cat meni kayu.

Bidang yang akan di cat meni harus bersih dan dalam keadaan kering.

- c. Pelaksanaan pekerjaan cat harus sesuai dengan persyaratan yang tercantum dalam PTI 1961.
- d. Rencana Pengecatan Pelaksanaan pekerjaan pengecatan harus sesuai dengan kualitas applicator dari masing - masing produk cat.

PASAL 7

PEKERJAAN SANITAIR

7. Pekerjaan Sanitair

7.1.1. Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan pengadaan dan pemasangan Sanitary Fixtures lengkap accessories dengan merek Toto, Hal mar atau sekwalitas.

7.1.2. Persyaratan Bahan

- a. Bahan / material yang digunakan merupakan produk yang disetujui oleh Konsultan MK san Owner
- b. Terbuat dari bahan keramik di glazzur
- c. Tidak terbuat dari bahan fiberglass atau sejenis.

7.1.3 Persyaratan Pelaksanaan

Sebelum memulai pelaksanaan, Pelaksana wajib membuat Shop Drawing minimal skala 1 : 5 yang memperlihatkan :

- a. Hubungan kontruksi dengan dinding dan lantai
- b. Hubungan dengan pola lantai dan dinding
- c. Hubungan dengan pemipaan air bersih dan air kotor (plumbing)

Pelaksanaan harus dilaksanakan oleh tenaga ahli yang berpengalaman dalam pemasangan sanitair dan pekerjaan pemipaan (plumbing). Pelaksanaan pemasangan sanitair ini

harus sesuai dengan persyaratan pabrik pembuat terutama dalam hal jarak dan elevasi terhadap pemipaan air bersih dan air kotor.

PASAL 8

PEKERJAAN PENUTUP ATAP

8.1. Lingkup pekerjaan

Pekerjaan rangka atap meliputi pekerjaan gording, reng, usuk, jurai, dan ruitter hingga rangka atap tersebut. Untuk reng dan usuk menggunakan baja ringan dengan produk yang disetujui oleh Konsultan MK dan Owner. Sedangkan untuk penutup atap pelana datar menggunakan bahan celolosa bitumen motif gelombang pada atap limasan menggunakan bahan celolosa bitumen motif genteng untuk produk yang disetujui oleh Konsultan MK dan Owner.

8.1.1 Standar

- a. PKKI (Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia)
- b. SKBI 4362-1986 (Spesifikasi Kayu Awet Untuk Perumahan dan Gedung)
- c. Pd S-25-2000-03 (Spesifikasi baja struktural)
- d. SNI 03-1729-1989 (Tata cara perencanaan bangunan baja untuk gedung)

8.1.2 Material

- a. Baja Siku

- b. Gording menggunakan Cannal C
- c. Sagrot besi ϕ 10 mm.
- d. Usuk dan reng menggunakan profil baja ringan
- e. Genteng menggunakan bahan celolosa bitumen
- f. Lisplank Plat Beton

8.2 Pelaksanaan pekerjaan

- a. Sebelum memulai pekerjaan, selambat-lambatnya 2 hari, Kontraktor harus menyiapkan rencana kerja pekerjaan rangka atap dan penutup atap meliputi volume pekerjaan, jumlah tenaga kerja dan alat, jadwal pelaksanaan dan alur pekerjaan, serta contoh material yang akan dipakai disertai sertifikat hasil pengujian material untuk mendapat persetujuan dari tim Teknis dan Konsultan MK, disertai gambar softdrawing.
- b. Hubungan antara gording dan balok konsol menggunakan baut yang ditanam pada beton konsol.
- c. Tiap gording dihubungkan dengan gording di atas dan di bawahnya dengan trekstang baja diameter 10 mm.
- d. Usuk dipasang melintang di atas gording dengan menggunakan bantuan kait dari plat yang mengkait pada gording.
- e. Reng terletak melintang di atas usuk dengan discrew, dipasang pada jarak tertentu sesuai jenis genteng.
- f. Kontraktor harus menyerahkan contoh genteng yang akan digunakan untuk mendapat persetujuan dari Konsultan MK dan Tim Teknis.

PASAL 9

PEKERJAAN KHUSUS PINTU BAJA

9. Pekerjaan Khusus Pintu Baja

9.1 Lingkup Pekerjaan

Pekerjaan ini meliputi pengadaan bahan, tenaga, peralatan, pembuatan dan pemasangan pintu-pintu baja berikut kusen dan perlengkapan lainnya yang sesuai standar untuk pekerjaan ini. Pekerjaan ini dilaksanakan pada ruang-ruang seperti pintu untuk ruang tangga darurat, M/E dan ruang lainnya seperti yang dinyatakan/ditunjukkan dalam gambar.

9.2 Persyaratan Bahan

Material kusen dan daun pintu baja juga harus memenuhi persyaratan-persyaratan khusus sebagai berikut:

- 9.2.1 Kusen pintu terbuat dari lembaran pelat baja (cold rolled steel sheet).
 - a. Ketebalan plat 3 mm untuk Fire Door (pintu tahan api) yang telah melalui pengujian dan dinyatakan memenuhi persyaratan sebagai pintu tahan api oleh lembaga-lembaga pengujian dengan standar internasional antara lain Underwriters Laboratories (UL) dengan standar Amerika (ASTM), yaitu UL 10B. Dan ketebalan plat 2 mm untuk pintu baja lainnya.
 - b. Selain Fire Door, pada sekeliling kusen / threshold pada sisi bukaan pintu ditanam Magnetic Gasket Seal, yang berfungsi

untuk meredam suara dan termal yang mengalir melalui celah pintu.

- c. Angkur baja 15 mm sebagai pengikat kusen ke kolom.
- d. Dilengkapi kotak pengaman baja untuk lidah lockcase dan stang flushbolt dari kotoran mortar.

9.2.2 Daun pintu terbuat dari lembaran pelat baja (cold rolled steel sheet).

- a. Ketebalan plat 1.5 mm untuk Fire door. Berbentuk Rebated Door dilengkapi dengan bibir pintu selebar 24 mm di sekeliling daun pintu yang merupakan satu kesatuan plat dengan plat permukaan pintu, sehingga permukaan pintu menjadi rata. Ketebalan daun pintu untuk seluruh tingkatan fire rating 1, 2 atau 3 jam adalah 55 mm. Bagian dalam daun pintu diisi Rock Wool dengan density 110 kg/m³ sebagai isolator panas (sesuai DIN 4102 : Part 1), agar pada saat terjadi kebakaran, kenaikan suhu permukaan plat pintu pada sisi yang tidak terbakar tidak melebihi 450oF (232oC) pada 30 menit pertama yang telah melalui pengujian dan dinyatakan memenuhi persyaratan sebagai pintu tahan api oleh lembaga-lembaga pengujian dengan standar internasional antara lain Underwriters Laboratories (UL) dengan standar Amerika (ASTM), yaitu UL 10B.
- b. Angkur baja 15 mm sebagai pengikat kusen ke kolom.

9.2.3 Perlengkapan pintu seperti engsel, flushbolt, handle dan lockset yang digunakan pada telah melalui pengujian dan dinyatakan memenuhi persyaratan tahan api oleh lembaga-lembaga pengujian dengan standar internasional antara lain Underwriters Laboratories (UL) dengan standar Amerika (ASTM), yaitu UL 10B.sebagai berikut:

- a. Engsel, terbuat dari bahan baja digalvani dengan hardened steel axial ball bearing, dengan diameter knuckle 22 mm dan diameter security pin 14 mm, sistem pemasangan yaitu dilas pada sisi kusen maupun daun pintu. Sesuai dengan DIN 18082.
- b. Flushbolt merek, dipasang di daun pintu non-aktif pada pintu ganda dengan satu penguncian untuk menggerakkan stang ke atas dan bawah pintu. Flushbolt panic device untuk fire door.

9.3 Syarat-syarat Pelaksanaan

- a. Pemasangan harus dilaksanakan oleh kontraktor yang mempunyai pengalaman khusus untuk pekerjaan ini dan mempunyai tenaga ahli yang berpengalaman.
- b. Kontraktor harus mempunyai workshop lengkap dengan peralatan atau mesin-mesin khusus untuk pekerjaan ini.

- c. Sebelum melaksanakan pekerjaan, kontraktor diwajibkan meneliti gambar-gambar yang ada dan kondisi di lapangan (ukuran dan lubang-lubang), detail-detail sesuai gambar sebelum difabrikasi.
- d. Kontraktor wajib membuat shopdrawing (gambar detail pelaksanaan) berdasarkan gambar dokumen kontrak yang telah disesuaikan di lapangan. Di dalam shopdrawing harus dicantumkan semua data yang diperlukan termasuk keterangan produk, cara pemasangan atau detail-detail khusus yang tercakup secara lengkap sesuai dengan standar spesifikasi pabrik
- e. Shopdrawing harus mendapat persetujuan dahulu oleh Direksi Lapangan/Pemberi Tugas/Perencana sebelum dilaksanakan.
- b. Sebelum pemasangan, penimbunan bahan di tempat pekerjaan harus ditempatkan pada ruang/tempat yang terlindung dari cuaca dan bebas dari karat dan goresan.
- c. Pemasangan di site dilakukan dengan menggunakan angkur pada kolom praktis yang dilas pada kusen dan dilakukan penyetelan mekanisme pintu langsung pada tempatnya.
- d. Komponen pintu harus dipasang dalam struktur yang kaku sesuai dengan petunjuk pemasangan dari pabriknya.
- e. Finishing pintu baja dan kusen dengan cat duco, warna akan ditentukan oleh Pemberi Tugas.

PASAL 10

Pekerjaan Railing pada tangga dan selasar menggunakan bahan besi hollow 4 x4 cm finising cat.

PASAL 11

PEKERJAAN KHUSUS SILICONE SEALANT

11. Pekerjaan Khusus Silicone Sealant

11.1 Bahan

Silicone sealant elastosil dengan spesifikasi dari pabrik pembuat. (Khusus untuk perlakuan terhadap aluminium yang menggunakan finishing Flourcarbon, sealant harus dipilih dari silicon rubber yang compatible terhadap Flourcarbon).

11.2 Macam Pekerjaan

Meliputi pengadaan bahan, tenaga kerja, peralatan dan sebagainya, untuk pekerjaan silicone sealant secara lengkap, terpasang sempurna sesuai RKS. Pekerjaan yang harus mendapatkan perlakuan silicone sealant :

- a. Setiap hubungan antara kaca dengan aluminium
- b. Setiap hubungan antara aluminium dengan dinding beton.
- c. Setiap hubungan antara kaca dengan kaca.

11.3 Syarat Pelaksanaan

Alumaunium harus dilindungi dengan Blue Protection Masking Tape kualitas I. Filler menggunakan Polyurethane Backer Rod dengan sel

terbuka yang direkomendasikan dari Elastosil atau setaraf. Untuk kaca, aluminium, concrete dan steel sebelum diberi pelakuan sealant harus dilakukan pembersihan, bebas dari debu, minyak dan lain sebagainya yang mengakibatkan berkurangnya daya lekat sealant. Pembersihan dilakukan Toluol. Aplikasi harus dilakukan dengan menggunakan tekanan udara, karena dapat mengatur keluarnya sealant dengan baik. Sesuaikan tekanan udara untuk memperoleh pengisian joint yang cukup. Jika joint sudah diisi, ratakan sealant dengan alat yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat sealant. Masking tape harus segera diangkat sebelum sealant mengering (kira-kira 10-15 menit). Ukuran joint yang dipergunakan untuk sealant minimal harus 6 mm dengan perbandingan lebar dan dalam 2 : 1 (sebagai contoh untuk lebar 12 mm dan dalam 6 mm).

PASAL 12

PEKERJAAN KHUSUS ALUMINIUM COMPOSIT PANEL

12. Pekerjaan Khusus Aluminium Composit Panel

1. Umum

Aluminium Composit Panel adalah bahan penutup finishing fasade yang mudah perawatan dan memberikan tampilan yang mewah dan elegance . Aluminium Composit panel yang dipasang memiliki modul sesuai dengan gambar . Pekerjaan pengadaan dan

pemasangan Penutup / covering dinding lengkap dengan rangka hollow dan accessoriesnya. Untuk pemasangan Aluminium Composit harus aplikator yang dapat memberikan garansi.

2. Persyaratan Bahan

- a. Bahan / material utama yang digunakan adalah alluminium composite panel, merupakan produk yang disetujui oleh Konsultan MK dan Owner
- b. Material pendukung pekerjaan ini adalah Rangka hollow ukuran 4 x 4 cm,
berbagai baut pengikat rangka hollow ke dinding dan baut-baut pengikat alluminium composite panel terhadap rangka hollow.
- c. Warna dominan yang dipilih adalah silver metallic dan beberapa pilihan warna kombinasi sesuai gambar dengan pilihan detail ditetapkan di lapangan.
- d. Bahan tahan terhadap perubahan warna, cuaca, tahan benturan, tidak retak dan kusam.
- e. Spesifikasi Bahan Material Alluminium Composite Panel memenuhi beberapa criteria berikut ini :
 - Tebal Material : 4,00 mm
 - Jenis Karet / core : P.E.Low Density
 - Tebal Alluminium : 0.50 mm
 - Coating / Lapisan Luar : Nano PPDV

- Partikel Coating : lebih rapat 10.000 micron
 - Ukuran produk : 1220 x 2440mm dan 1220 x 4880mm
 - Tahan terhadap : cuaca udara kering atau lembab
 - Lain-lain : debu/kotoran sulit menempel, mudah dibersihkan
- f. Bahan harus bergaransi minimal 10 tahun, meliputi penggantian bahan material yang tidak sesuai perjanjian garansi termasuk pemasangannya selama jangka waktu masa garansi.

3. Persyaratan Pelaksanaan

- a. Sebelum memulai pelaksanaan , Pelaksana wajib membuat Shop Drawing
- b. Pelaksanaan harus dilaksanakan oleh tenaga ahli yang berpengalaman dalam pemasangan penutup Alumunium
- b. Sebebelum pelaksanaan pekerjaan terlebih dahulu melakukan pengukuran dan penentuan titik mula dan lintasan-lintasan pelaksanaan.
- c. Pelaksana terlebih dahulu mempersiapkan peralatan Bantu pemasangan allumunium composite panel berikut rangkanya berupa schafolding, crane dan sebagainya secara memadai dan aman.
- d. Pemasangan rangka Hollow menggunakan dimensi yang sesuai aturan dengan pola rangka sesuai dengan pola pada gambar.

- e. Pemasangan penutup atap harus memperhatikan jarak tumpang tindih (Overlap) yang dipersyaratkan oleh pabrik pembuat
- f. Pemotongan dan pelipatan/penekukan material alluminium composite panel harus menggunakan peralatan potong / penekuk dan prosedur pelaksanaan yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat.
- g. Setelah rangka hollow telah terpasang secara kuat dan aman serta sesuai dengan polanya, maka pelaksana dapat melakukan pemasangan alluminium composite panel. Pemasangannya harus mengikuti prosedur yang telah ditentukan oleh pabrik pembuat.
- h. Saat proses pemasangan, lapisan pelindung alluminium composite panel dilarang dibuka/dilepas. Hal ini berguna melindungi permukaan luar material agar terhindar dari goresan atau hal lain yang berakibat merusak warna dan permukaan material tersebut. Setelah proses pemasangan material tersebut selesai, lapisan pelindung tersebut boleh dibuka dan selanjutnya dilakukan proses pemeliharaan sesuai dengan prosedur yang berlaku.

❖ Pemasangan Alumunium Composit Panel

Beberapa tahapan yang dilakukan dalam pemasangan Alumunium Composit Panel adalah sebagai berikut :

- a. Dinding pasangan batu bata yang telah diplester rata dipasang rangka besi plat dengan tebal 10 mm untuk dudukan dan gantungan rangka lain yang ditempel aluminium composit panel. Besi plat dudukan rangka ini di dinabolt ke dinding untuk menempelkannya.
- b. Selanjutnya besi hollow 4/4 dirangkai dengan modul sesuai dengan gambar membentuk kotak.
- c. Selanjutnya Aluminium Composit digelar di rangka tersebut dengan dipisher di bagian sisinya dan pada bagian bawah rangka, aluminium composit ditekuk kedalam dan dipisher dibagian dalam ke rangka hollow.
- d. Kemudian rangka hollow yang sudah terpasang aluminium composit tadi di pasang pada besi plat dan dipisher sebagai penguatnya.
- e. Bagian sambungan antar panel digunakan sealent sebagai penutup, dengan membentuk nat yang berdimensi 1 cm. Serta bersihkan permukaan panel dari sealent dengan menggunakan lap bersih agar sealent tidak menempel di panel.
- f. Pada bagian panel yang menonjol digunakan hollow yang agak panjang.
- g. Sedangkan untuk kolom yang terpasang panel system kerjanya sama seperti pada dinding tetapi mengeliling sesuai dengan bentuk kolom yang ditutupi.

BAB 13

PEKERJAAN PLUMBING

13. Pekerjaan Plumbing

1. Ketentuan Umum

13.1.1 Lingkup Pekerjaan Plumbing

Spesifikasi ini melingkupi kebutuhan untuk pelaksanaan pekerjaan plumbing, sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar rencana yang terdiri dari, tetapi tidak terbatas pada :

- a. Pengadaan dan pemasangan pompa-pompa air bersih, pompa transfer, pompa distribusi dan jet pump.
- b. Pengadaan dan pemasangan instalasi Septic Tank (ST) Biotech sesuai dengan gambar dan spesifikasi.
- c. Pengadaan dan pemasangan seluruh instalasi air bersih, air kotor dan air bekas sesuai gambar rencana dan spesifikasi, termasuk penyambungan pipa PDAM dari meter air ke ground water reservoir.
- d. Pengadaan dan pemasangan peralatan-peralatan bantu bagi seluruh peralatan plumbing.
- e. Pengetesan dan pengujian dari seluruh instalasi plumbing yang terpasang kecuali sanitary.
- f. Mengadakan masa pemeliharaan selama waktu yang ditentukan oleh Pemberi Tugas.

- g. Pembuatan shop drawing bagi instalasi yang akan dipasang dan pembuatan as built drawing, manual operation dan pemeliharaan bagi instalasi yang telah terpasang.

13.1.2 Lingkup Pekerjaan Air Bersih

- a. Pengadaan, pemasangan dan pengujian secara sempurna unit-unit peralatan utama yang diperlukan dalam sistem penyediaan air bersih yaitu instalasi pemipaan beserta alat bantu.
- b. Pemasangan dan pengujian pipa-pipa distribusi ke setiap peralatan sanitasi dan lain-lain seperti yang tercantum dalam gambar.
- c. Memperbaiki semua kerusakan, semua galian yang diakibatkan baik oleh bobokan-bobokan, galian-galian maupun oleh kecerobohan para pekerja.
- d. Pengujian terhadap kebocoran dan tekanan dari sistem plumbing air bersih secara keseluruhan dan mengadakan pengamatan sampai sistem berjalan baik, sesuai yang dikehendaki yaitu suatu sistem instalasi yang sempurna dan terpadu.
- e. Pengadaan, pemasangan, pengujian mutu air dan ijin-ijin dari Instansi terkait yaitu PDAM dan lain-lain.
- f. Desinfeksi.

Sebelum sistem penyediaan air bersih atau bagian dari sistem ini dipakai harus dilakukan cara desinfeksi sebagai berikut :

- Air yang ada dalam sistem dibuang lebih dahulu.
 - Sistem diisi larutan mengandung 50 mg/l chlor dan dibiarkan selama 24 jam.
- g. Penyediaan Instalasi listrik untuk masing-masing peralatan, yaitu penyediaan sub panel, panel control dan penarikan kabel listrik ke panel induk dan kabel kontrol.

13.1.3 Lingkup Pekerjaan Instalasi Air Kotor, Bekas dan Vent

- a. Pengadaan dan pemasangan pemipaan beserta perlengkapannya yang diperlukan dalam sistem pembuangan dari semua alat sanitasi yang ada ke Septic Tank (ST).
- b. Pengadaan dan pemasangan pemipaan dari setiap alat sanitasi sampai ke saluran air buangan (riool) dan air hujan ke sumur resapan.
- c. Memperbaiki semua kerusakan, semua galian yang diakibatkan baik oleh adanya bobokan-bobokan, galian-galian maupun oleh kecerobohan para pekerjanya.
- d. Pengujian sistem pemipaan terhadap kebocoran dan tekanan dari sistem plumbing air kotor dan air bekas secara keseluruhan dan mengadakan pengamatan sampai

sistem bekerja baik sesuai yang dikehendaki yaitu suatu sistem yang sempurna dan terpadu.

13.1.4 Pengadaan, Pemasangan Peralatan-Peralatan dan Lain-lain

a. Pengadaan dan Pemasangan Kran-kran :

Pengadaan dan pemasangan kran-kran air untuk kamar mandi, dapur dan ruang-ruang air bersih serta pemasangan kran-kran untuk closet, wastafel, urinoir, shower dan lain-lain.

b. Pengadaan dan Pemasangan Pompa-pompa.

Pengadaan dan pemasangan pompa-pompa dan instalasinya :

- Untuk pompa transmisi air bersih (centrifugal pump).
- Pompa Tekan.

c. Pengadaan dan Pemasangan Tangki Air.

Kontraktor harus mengadakan dan memasang tangki air atas (roof tank) lengkap dengan alat bantu. Roof tank yang dipakai dari bahan fibreglass yang dilengkapi dengan alat bantu supaya bisa bekerja dengan baik dan ditambah floater stop dan indikator- indikatornya.

kap. = (2 x 2) m³.

d. Pengadaan testing-testing dan commissioning.

Semua sistem pekerjaan yang terpasang, mengadakan izin-izin yang diperlukan dari instansi-instansi yang ada hubungannya untuk mendapat surat keterangan untuk IPB, dan mendidik operator yang akan menangani peralatan ini sehingga memahami dan menguasai peralatan ini.

e. Melaksanakan Pekerjaan lain yang berhubungan dengan lingkup pekerjaan plumbing ini antara lain :

- Pengadaan dan pemasangan semua hanger-hanger dan support untuk pemipaan, peralatan dan lain-lain.
- Pekerjaan testing, cleaning, flushing dan disinfection termasuk perbaikan akibat testing.
- Pekerjaan pembersihan tempat kerja.
- Pengecatan semua pipa-pipa yang kelihatan.
- Pengadaan dan pemasangan lapisan tahan karat dan goni untuk pipa yang ditanam dalam tanah.
- Pengadaan balok-balok yang diperlukan untuk pemasangan pipa-pipa dan peralatannya.
- Membuat time schedule, network planning, curva's dan lain-lain yang diperlukan.

- Membuat As Built Drawing, Buku Petunjuk Operasi dan Pemeliharaan dalam Bahasa Indonesia rangkap 5 (lima).
- Dan segala sesuatu mengenai lingkup pekerjaan ini yang kurang jelas, kontraktor dapat menanyakan lebih lanjut kepada konsultan MK atau pihak lain yang ditunjuk. Apabila terjadi kelalaian dan kekurangan, maka kontraktor bertanggung jawab penuh atas kerugian-kerugian yang terjadi.

8.4 PERSYARATAN TEKNIS PEKERJAAN MEKANIKAL DAN ELEKTRIKAL

BAB I

PEKERJAAN MEKANIKAL

1.1 Syarat Pekerjaan

1.1.1 Umum

Persyaratan ini merupakan bagian dari persyaratan teknis. Apabila ada klausal dari persyaratan ini yang dituliskan kembali, berarti menuntut perhatian khusus pada klausal-klausal tersebut dan apabila menghilangkan klausal-klausal tersebut atau bukan berarti menghilangkan klausal-klausal lainnya dari syarat - syarat umum. Gambar-gambar dan spesifikasi perencanaan ini merupakan satu

kesatuan dan tidak dapat dipisah-pisahkan. Apabila ada sesuatu bagian pekerjaan atau bahan atau peralatan yang diperlukan agar instalasi ini dapat bekerja dengan baik dan hanya dinyatakan dalam salah satu gambar perencanaan atau spesifikasi perencanaan saja, Kontraktor harus tetap melaksanakannya sesuai dengan standart teknis yang berlaku.

1.1.2 Gambar

- a. Gambar-gambar perencanaan tidak dimaksudkan untuk menunjukkan semua assesories dan fixture secara terperinci. Semua bagian walaupun tidak digambarkan atau disebutkan secara spesifik harus disediakan dan dipasang oleh Kontraktor sehingga sistem dapat bekerja dengan baik.
- b. Gambar-gambar instalasi menunjukkan secara umum tata letak dari peralatan instalasi. Sedang pemasangan harus dikerjakan dengan memperhatikan kondisi dari proyek dan gambar-gambar arsitektur dan struktur/sipil harus dipakai sebagai referensi untuk pelaksanaan dan detail “ finishing “ dari proyek.
- c. Sebelum pekerjaan dimulai, Kontraktor harus mengajukan gambar-gambar kerja dan detail (shop drawing) yang harus diajukan kepada Konsutan MK dan Konsultan Perencana untuk mendapatkan persetujuan. Setiap shop drawing yang diajukan Kontraktor untuk disetujui Konsultan MK dan Perencana

dianggap bahwa Kontraktor telah mempelajari situasi dan telah berkonsultasi dengan pekerjaan instalasi lainnya.

- d. Kontraktor harus membuat catatan-catatan yang cermat dari penyesuaian - penyesuaian pelaksanaan pekerjaan di lapangan, catatan-catatan tersebut harus dituangkan dalam satu set lengkap gambar kalkir dan lima set lengkap gambar blue print sebagai as built drawings. As built drawing harus diserahkan kepada Konsultan MK dan Perencana segera setelah pekerjaan selesai 100 %.

1.1.3 Koordinasi

- a. Kontraktor pekerjaan instalasi dalam melaksanakan pekerjaan ini harus bekerja sama dengan Kontraktor bidang atau disiplin lainnya agar seluruh pekerjaan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan jadwal waktu yang telah ditentukan.
- b. Koordinasi yang baik perlu diadakan untuk mencegah agar pekerjaan yang satu tidak menghalangi / menghambat pekerjaan lainnya.

I.1.4 Daftar Bahan

- a. Dalam waktu tidak lebih dari 30 (tiga puluh) hari setelah Kontraktor menerima pemberitahuan meneruskan pekerjaan, kecuali apabila ditunjuk lain oleh Konsultan MK dan Perencana. Kontraktor diharuskan menyerahkan daftar dari material-material yang akan digunakan. Daftar ini harus dibuat rangkap 4 (empat)

yang di dalamnya tercantum nama-nama dan alamat manufacturer katalog dan keterangan-keterangan lain yang dianggap perlu oleh Konsultan MK Dan Perencana. Persetujuan oleh Konsultan MK dan Perencana akan diberikan atas dasar di atas.

- b. Kontraktor harus menyerahkan contoh bahan-bahan yang akan dipasang kepada Konsultan MK dan Perencana. Semua biaya yang berkenaan dengan penyerahan dan pengembalian contoh-contoh ini adalah menjadi tanggungan Kontraktor.
- c. Bahan yang digunakan adalah sesuai dengan yang dimaksud di dalam spesifikasi teknis ini dan harus dalam keadaan baru. Pekerjaan haruslah dilakukan oleh orang-orang yang ahli.
- d. Kontraktor diwajibkan untuk mengecek kembali atas segala ukuran / kapasitas peralatan (equipment) yang akan dipasang. Apabila terdapat keragu-raguan Kontraktor harus segera menghubungi Konsultan MK dan Perencana untuk berkonsultasi.
- e. Pengambilan ukuran atau pemilihan kapasitas equipment yang sebelumnya tidak dikonsultasikan dengan Konsultan MK dan Perencana, apabila terjadi kekeliruan maka hal tersebut menjadi beban tanggung jawab Kontraktor, untuk itu pemilihan equipment dan material harus mendapatkan persetujuan dari Konsultan MK dan Perencana.

I.1.5 Peralatan

Bahan-bahan, perlengkapan, peralatan, accessories dan lain-lain yang disebut dan dipersyaratkan dengan nama dalam persyaratan ini, maka Kontraktor wajib menyediakan sesuai dengan peralatan/merk tersebut di atas. Penggantian dapat dilakukan dengan persetujuan dan ketentuan - ketentuan dari Konsultan MK dan Perencana.

1.1.7 Pekerjaan Listrik

- a. Pekerjaan listrik yang termasuk pekerjaan instalasi ini adalah seluruh sistem listrik secara lengkap, sehingga instalasi ini dapat bekerja dengan sempurna dan aman.
- b. Pekerjaan tersebut harus dapat menjamin bahwa pada saat penyerahan pertama
- c. (serah terima pekerjaan pertama), instalasi pekerjaan tersebut sudah dapat dipergunakan pemilik.

1.1.8 Pengujian dan Penerimaan

Jika semua peralatan-peralatan yang sesuai dengan spesifikasi ini sudah dikirim dan dipasang dan telah memenuhi ketentuan-ketentuan penyetoran dengan baik, kontraktor harus melaksanakan pengujian secara keseluruhan dari peralatan-peralatan yang terpasang dan jika sudah ditest dan ternyata memenuhi fungsi-

fungsinya sesuai dengan ketentuan-ketentuan dari kontrak, maka seluruh unit lengkap dengan peralatannya dapat diserahkan kepada pemilik dengan dilampirkan berita acara test lapangan yang disetujui Konsultan MK dan Perencana.

BAB II

PEKERJAAN ELEKTRIKAL

1. Syarat Pekerjaan

2.1.1 Umum

Pekerjaan sistem elektrikal meliputi pengadaan semua bahan, peralatan dan tenaga kerja, pemasangan, pengujian serta perijinan, perbaikan selama masa pemeliharaan dan training bagi calon operator, sehingga seluruh sistem elektrikal dapat beroperasi dengan sempurna.

2.1.2 Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan sistem elektrikal :

- a. Pengadaan, pemasangan dan penyambungan kabel daya tegangan rendah 400/380V lengkap dengan sepatu kabel (kabel schoen) :
 - Dari Transformator Tiang menuju ke PUDTR menggunakan kabel jenis NYFGby 4x150 m2.

- b. Pengadaan pemasangan dan penyambungan 1 (satu) unit Transformator 160 KVA, 20KV / 400 - 250 V, 50 Hz. Trafo minyak (oil transformater).
- c. Pengadaan, pemasangan dan penyambungan kabel TR lengkap dengan accessories lainnya.
 - Kabel feeder utama 1000 V AC NYY 4x150mm² dari panel kontrol Genset menuju ke Panel PUDTR
- d. Pengadaan, pemasangan dan penyambungan berbagai type dan ukuran kabel tegangan rendah 1000 V sesuai dengan gambar rencana.
- e. Pengadaan, pemasangan dan penyambungan panel-panel tegangan rendah dan panel kapasitor sesuai dengan gambar rencana.
 - Panel Utama Tegangan Rendah PUDTR lengkap dengan accessories.
 - Panel Sub Distribusi SDP lengkap dengan accessories.
 - Panel penerangan LP dan panel Daya PP lengkap dengan accessories.
- f. Pekerjaan pentanahan (pembumian) dari Panel, Armatuur lampu, kotak kontak, pintu, rak, tangki pompa dan peralatan dari bahan metal lainnya, lengkap dengan bak kontrol, elektroda pentanahan dan accesories.

- g. Kontraktor harus mengurus penyambungan atau penambahan daya listrik PLN sebesar yang tertera pada gambar rencana, termasuk administrasinya. Semua biaya resmi dibayar oleh Pemilik.
- h. Pekerjaan sistem Penerangan dan Stop Kontak, meliputi :
- Pengadaan dan pemasangan berbagai jenis armature lampu, dan stop kontak biasa.
 - Pengadaan dan pemasangan berbagai jenis saklar, saklar hotel dan Grid Switch.
 - Pengadaan, pemasangan dan penyambungan pipa instalasi pelindung kabel serta berbagai accessories lainnya seperti : box untuk saklar dan stop kontak, junction box, fleksible conduit, bands/elbouws, socket dan lain- lain.
 - Pengadaan, pemasangan dan penyambungan kabel instalasi penerangan dan stop kontak.

2.1.3 Standard, Referensi dan Persyaratan

Standar, Referensi dan persyaratan yang digunakan disini adalah sesuai dengan standar :

- a. Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) tahun 2000.
- b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik
- c. No.023/PRT/1978 tentang Peraturan Instalasi Listrik (PIL).
- d. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik

- e. No. 024/PRT/1978 tentang Syarat-syarat Penyambungan Listrik (SPL).
- f. Harus dilaksanakan oleh Kontraktor yang memiliki Surat Izin PAS dari PLN yaitu Pengesahan Instalatir (SPI) dan Surat Izin Kerja (SIKA) minimum golongan C yang masih berlaku dan dapat menunjukkan bukti-bukti tanda daftar rekanan dalam bidang usaha listrik yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang.

2.1.4 Peralatan yang disebut dengan Merk dan Penggantinya

Bahan-bahan, perlengkapan, peralatan, fixture dan lain-lain yang disebutkan serta yang dipersyaratkan ini, Kontraktor wajib / harus menyediakan sesuai dengan peralatan yang disebut dengan persetujuan perencana dengan syarat ada surat pernyataan resmi dari pabrik bahwa produk tersebut tidak diproduksi lagi.

2.1.5 Pengecatan

Semua peralatan dan bahan yang dicat, yang lecet karena pengapalan, pengangkutan atau pemasangan harus segera ditutup dengan dempul dan di cat dengan warna yang sama, sehingga nampak seperti baru kembali.

2. Transformasi Daya

2.2.1 Kapasitas dan Type

Kapasitas transformator daya 160 KVA, sebanyak 1 (satu) unit pemasangan dalam (out door), transformator harus buatan pabrik dalam negeri seperti Trafindo, Unindo atau Standar PLN.

2.2.2 Karakteristik sistem

- a. Fasa : 3 Phasa
- b. Frekuensi : 50 Hz
- c. Daya hubung singkat : 500 MVA
- d. Isolasi tegangan kumparan primer : 24 KV
- e. Tegangan test impuls : 125 KV
- f. Tegangan test bolak-balik : 50 KV

2.2.3 Karakteristik Trafo

- a. Tegangan primer : 20 KV
- b. Tegangan sekunder : 400/231 V
- c. Vector group : Dyn-5
- d. Titik netral harus dikeluarkan dan disediakan terminal netral dengan system pentanahan terpisah.
- e. Kenaikan suhu maksimum kumparan 65 0C.
- f. Tap tiga fasa disisi primer lebih kurang 5% dalam 4 step dan kedudukan dari tap harus dibaca dengan jelas.
- g. Tegangan hubung singkat adalah 5% pada temperatur 75 0C dengan toleransi 10%.
- h. Tingkat kebisingan tidak boleh melebihi 52 dB dengan toleransi 2 dB.

- i. Impedance : 5,5%
- j. Total losses maximum 2,81 KVA

2.2.4 Konstruksi

Transformator merupakan trafo minyak (oil trafo) yang terdiri dari pendinginan dengan minyak.

Inti terdiri dari baja high grade cold rolled electrical sheet steel.

- Lifting logs
- LV Terminal
- HV Coil
- LV Coil Termination
- Core badaje
- LV Coil
- Towing Holes
- Lower Frame
- Coil Frame
- Coil Clem Adjuster
- Tapping Lisk
- Core Bolt Insulation
- Core Bolts
- Core Yoke
- HV Insulations
- Upper Frame
- Resin Support Bloch

- Resilient Pad
- Core Leg
- Tie Bars

3. Panel Utama Tegangan Rendah

2.6.1 Lingkup Pekerjaan

Meliputi pengadaan bahan, peralatan, pemasangan, penyambungan, pengujian dan perbaikan selama masa pemeliharaan, ijin-ijin, tenaga teknisi dan tenaga ahli. Dalam lingkup ini termasuk seluruh pekerjaan yang tertera di dalam gambar dan spesifikasi teknis ini maupun tambahan- tambahan lainnya.

2.6.2 Type dan macam Panel

Panel-panel daya dan penerangan lengkap dengan semua komponen yang harus ada seperti yang ditunjukkan dalam gambar. Panel-panel yang dimaksud untuk beroperasi pada tegangan 220/380 V, 3 fasa, 4 kawat, 50 Hz dan solidly grounded dan harus dibuat mengikuti standard IEC, VDE/DIN, BS, NEMA dan sebagainya.

- a. Panel-panel ini adalah dari type tertutup (Metal Enclosed), free standing untuk pasangan dalam (Indoor use), lengkap dengan semua komponen-komponen yang ada.
- b. Panel-panel lainnya yang tidak tertulis di dalam spesifikasi teknis ini, tetapi tercantum dalam gambar rencana.

2.6.3 Karakteristik Panel

- Tegangan kerja : 400 volt

- Tegangan uji : 3.000 volt
- Tegangan uji impulse : 20.000 volt
- Frekwensi : 50 Hz

4. Penerangan dan Stop Kontak

2.7.1 Lampu Armature

2.7.1.1 Armature lampu 2 X 36 watt dan 2 X 18 watt , RM 300

- a. Armature lampu 2 X 36 watt dan 2 X 18 watt dilengkapi dengan mirror louver
- b. Box tempat ballast, kapasitor,udukan stater dan terminal block harus cukup besar dan dibuat sedemikian rupa sehingga panas yang ditimbulkan tidak mengganggu kelangsungan kerja dan unsur teknis komponen lampu itu sendiri.
- c. Ventilasi didalam box harus dibuat dengan sempurna, kabel-kabel dalam box harus diberikan saluran atau klem-klem tersendiri, sehingga tidak menempel pada ballast atau kapasitor.
- d. Box terbuat dari plat baja tebal minimal 0,7 mm, dicat dasar tahan karat, kemudian difinish dengan cat akhir dengan powder coating.
- e. Ballast harus dari jenis “low loss Ballast” dan harus pula dipergunakan single lamp ballast (satu balast untuk satu lampu florenscent 40 VA/36W). Ballast dari merk Phillips

Jenis TBA. Fitting dari merk vosloch/Philips. Capasitor dari merk Phillips Tabung TL dari merk Philips atau Osram type TLD 54 cool day light (warna putih) dan TLD 33 Warm White (Warna kuning).

2.7.2 Fixture lampu dengan TL 1x36 watt type TKTG, surface mounted

2.7.3 Down light, steel body, polished gilt aluminium reflector, polyamide cover dengan lampu PLCE 20 VA. (18 Watt) dengan diameter 125/150 mm.

2.7.4 Lampu Taman / halaman

- a. Terbuat dari bahan Acrilic
- b. Memakai lampu Ess18 Watt

2.7.5 Stop Kontak Biasa

Stop kontak biasa yang dipakai adalah stop kontak satu phasa, rating 250 volt, 10 ampere, untuk pemasangan di dinding. Stop kontak yang dipakai Merk MK Logic Plus, Clipsal dan Legrand.

2.7.6 Saklar dinding

Saklar harus dari type untuk pemasangan rata dinding, type rocker dengan rating 250 volt, 10 ampere, single gang, double gang saklar hotel dan grid swith. Saklar dinding dan grid switch yang dipakai merk MK logic Plus, Clipsal dan Legrand .

2.7.7 Kabel Instalasi

- a. Pada umumnya kabel instalasi penerangan dan instalasi stop kontak harus kabel inti tembaga dengan insulasi PVC, satu

inti atau lebih (NYM). Kabel harus mempunyai penampang minimal 2.5 mm².

b. Kode Warna insulasi kabel harus mengikuti ketentuan PUIL sebagai berikut :

- Fasa 1 : merah
- Fasa 2 : kuning
- Fasa 3 : hitam
- Netral : biru
- Tanah (ground) : hijau-kuning
- Kabel harus dari merk , Kabelindo, KabelMetal, Supreme atau Tranka Kabel.

5. Syarat Bahan

Semua material yang disupply dan dipasang oleh Kontraktor harus baru dan material tersebut harus cocok untuk dipasang didaerah tropis. Material-material harus dari produk dengan kualitas baik dan dari produksi yang terbaru. Untuk material- material yang disebutkan dibawah ini, maka Pemilik harus menjamin bahwa barang tersebut adalah baik dan baru dengan jalan menunjukkan surat order pengiriman dari dealer/agen/pabrik.

- a. Peralatan Panel : switch, circuitbreker, alat ukur dan kontaktor.
- b. Peralatan Lampu : armature, bola lampu, ballast , kapasitas dan fitting.
- c. Peralatan Instalasi : stop kontak, saklar, saklar- hotel dan Grid switch.

Produk Pabrik yang harus digunakan adalah sebagai berikut :

No	Jenis	Merk
1	Kabel TR : NYA, NYM, NYY, NYGBY	Supreme kabel, Sier, Himalaya Trasmeka
2	Panel TR :	Scheider, ABB, Klocner Moller
3	Komponen Panel :	
	▪ Swith, CB, MCB, MCCB. Motor 2 Rise	Scheider, ABB, Klocner Moller
	▪ Short circuit, Earth fault, O/U voltege protection.	SEG
	▪ Fuse	Socomec
	▪ Selector switch, A-O-M.	K&N
	▪ KWH meter	Fuji
	▪ Contrator, Push button, Pilot lamp	Telemecanique
	▪ Time delay	Matsushita
	▪ Amper meter, volt meter, Hz, Cos fmeter, KW meter	GAE
	▪ Relay	Omron
	▪ Busbar	Tembaga 1,5 x Rating Amper
4	Kunci panel	Dom dengan espagnolet
5	Saklar, Grid switch, stop kontak	MK Logic Plus, Clipsal atau Legrand
6	Fixture lamp TL 36 watt, 18 watt	Philips, Osram
7	Ballast	Philips
8	Starter, Fitting lamp holderl	Philips
9	Lampu PLCE, SL	Philips
10	Capasitor lampu	Philips
11	Kap lampu (Armature lampu)	Permatalite, Interlite, Artolite, Philips
12	Lampu Emergency/Exit	Permatalite, Interlite, Artolite, Philips
13	Lampu taman	Permatalite, Interlite, Artolite
14	Batteray nicad	Manvier

6. Penangkal Petir

2.8.1 Umum

Pekerjaan harus dilakukan mengikuti standard dan peraturan yang berlaku dari Jawatan Keselamatan Kerja atau standard/ peraturan yang dikeluarkan dari pabrik.

2.8.2 Bahan

Material yang digunakan dalam sistem penangkal petir dalam keadaan baik dan sesuai dengan yang dimaksudkan serta disetujui oleh Direksi Lapangan. Daftar material, katalog dan shop drawing harus diserahkan kepada Direksi Lapangan sebelum dilakukan pemasangan. Material atau alat-alat yang tidak sesuai dengan spesifikasi ini akan ditolak.

2.8.3 Gambar-gambar kerja

Gambar-gambar kerja menunjukkan secara umum tata letak peralatan dan Instalasinya, penyesuaian harus dilakukan dilapangan, karena keadaan sebenarnya seperti jarak-jarak dan ketinggian ditentukan oleh kondisi lapangan.

2.8.4 Standard dan Peraturan.

Seluruh pekerjaan harus diselenggarakan mengikuti standard dan peraturan yang berlaku. Disamping itu harus ditaati pula peraturan dan hukum setempat yang ada kaitannya dengan pekerjaan ini.

2.8.5 Sistem Penangkal Petir yang dipakai adalah :

Sistem Penangkal Petir non radio aktif.

Komponen-komponen yang dipakai adalah sebagai berikut :

- a. Heat Elektroda (Air Termination)
- b. Saluran Penghantar (Down Conductor)
- c. Elektroda Pentanahan (Earth Elektroda)

2.8.5 Pemasangan/Pelaksanaan

Cara-cara pemasangan Penangkal Petir sistem ini harus sesuai dengan

petunjuk-petunjuk dan spesifikasi pabrik.

7. Uraian Sistem, Kontrol, Engine, Generator dan Peralatan

a. Data-data sistem

- Kapasitas : 149 KVA Continous Power
- Voltage : 400/230 AC, 4 kawat lengkap dengan sistem pembumian yang tepat.
- Voltage regulation : maximum + 1% pada tegangan minimal.
- Phase voltage in : + 5% setiap phasa balance
- Frequency : 50 Hz
- Pendingin : Radiator
- Load power factor : antara 0,8 logging merupakan kesatuan power factor
- Speed : 1.500 Rpm
- Over load capacity : 10% dari beban penuh selama 1 (satu) jam (harus terpenuhi)
- Perlengkapan : Batteray Charger dan rak batteray.
- Sistem tersebut diatas harus dapat dicapai untuk site kondisi sebagai berikut :
 - Ambient temperatur : 35 derajat C.
 - Humidity : \pm 80%
 - Sealevel : 5-10 meter di Atas permukaan laut.

b. Mesin Diesel

- Mesin diesel harus dapat mengeluarkan tenaga minimum secara konstan untuk menggerakkan Generator dengan kapasitas daya listrik output minimum 127 KVA Continuous Power output.
- Kecepatan normal Mesin Diesel adalah 1500 rpm, dan peralatan pengontrolan putaran harus dipasang pada kontrol panel Genset seperti Governor / Engine Speet Control type Elektronik dilengkapi dengan elektronik speet otomatic fine ajustment.
- Mesin harus full comprension iganation 4 (empat) langkah / V type multi silinder, sistem supplay bahan bakar, pelumas, pendingin termasuk pompa bahan bakar, fan, radiator, pendingin udara (external fan) serta peredam suara (silencer).
- Diesel engine genset selain bekerja sebagai stanby duty power supply juga harus mampu untuk bekerja secara kontinue selama 24 jam dengan beban lebih $\pm 10\%$ dalam waktu 12 jam.
- Peralatan berikut ini harus sudah termasuk didalam paket Mesin Diesel antara lain :
 - Pengukur suhu minyak pelumas.
 - Petunjuk suhu minyak pelumas.
 - Pengatur suhu air pendingin.
 - Batteray Charger.
 - Kunci Stater.
 - Alat pengukur batteray dan lampu penunjuk

❖ Sedangkan alat pengamanan :

Peralatan pengamanan yang harus dilengkapi Mesin Diesel.

- Lube oil low pressure cut-out.
- Lube oil high pressure cut-out.
- Cooling water high temperature cut-out.
- Over speed shunt-down.

c. Alternator (Generator).

❖ Karakteristik

- Rated out put 149 KVA, Continuous Power (minimal)
- 4 pole generator, out put voltage 230/400 volt, 3 phasa, 50 Hz.
- Power Factor 0.8
- Overload capacity 10% selama 1jam dalam setiap 12 jam kerja.
- Voltage regulation dengan Automatic Solid state type rotating silicon controllet rectifier brush-less, cross current compensation atau 3 phasa sensing dengan volt per hertz..

❖ Ketentuan-ketentuan Lain

Generator harus dari type Self Ventilated Rotating Field dan Stand-by type. Generator harus bisa menanggung beban secara Stand-by pada factor kerja 0,80 dengan rating KW dari diesel generator unit tersebut dan dapat melayani beban 10% lebih

dari gross KW rating, untuk selama 1 (satu) jam terus menerus, untuk setiap perioda 12 jam pada tegangan normal.

❖ Standard

Panel harus dibuat mengikuti syarat/standard dalam PUIL atau standard-standard international lainnya (IEC, VDE/ DIN, BS, NFC, NEMA, JIS).

- Karakteristik Panel
- Tegangan kerja : 400 Volt
- Tegangan tes : 3.000 Volt
- Tegangan test impuls : 20.000 Volt
- Frequency : 50 Hz
- Arus nominal rel : 2.500 Amp.
- Hubung singkat : 50 KA

d. Kontrol Panel

Kontrol panel yang dipasang berdiri diatas lantai dengan diberi pondasi serta peralatan yang termasuk dalam panel sebagai berikut :

- Pemutusan otomatic rangkaian alternator dilengkapi dengan thermal over load dan short circuit release serta under voltage trip, braking capacity dan rating amper.
- Volt meter dan selector swith.
- Amper meter 1 phasa 3 buah.
- Frekwensi meter (Hz).
- Cos meter.

- Transformator arus 3 buah.
 - Kw meter 3 phasa.
 - Pilot lampu 3 buah.
 - Operating hours meter.
 - Saklar pengatur putaran.
 - Lampu pilot generator " ON - OFF ".
 - System Bus-bar.
 - Unit pengisi batteray lengkap dengan alat bantu.
 - Material bantu.
- ❖ Cara kerja Control Panel Genset.

Pada prinsipnya Genset ini bekerja sebagai sumber daya listrik cadangan dan harus dilengkapi reverse power relay pada sisi out goingnya karena akan beroperasikan secara interlock dengan PLN. Cara kerja sistem control adalah sebagai berikut : “Bekerja secara otomatis dari mulai star dan siap dibebani selambat-lambatnya 10 -15 detik”.

❖ Spare Part dan Tools

Suku cadang untuk operasi sampai 2.000 jam, bagi parts yang perlu sering diganti sesuai anjuran pabrik. Spare parts dan tools minimal antara lain sebagai berikut :

- 2 sets standard tools
- Standard spare part (recommended oleh pabrik selama 2.000 jam operasi)

Data Peralatan sebagai berikut :

No	Peralatan / Material	Buatan Pabrik / Merk
1	Genset	MTU, Deutz, Volvo
2	Alternator	Standford, AVK, Leroy Somer
3	Kabel	Kabelindo, Supreme, Kabel metal dan Tranka kabel
4	Panel Kontrol Genset	Simetri, Sier, Himalaya trasmeka
5	Komponen Panel	Schneider, ABB

8. Pekerjaan Elektronik

2.10.1 Umum

- a. Pekerjaan sistem Electronic meliputi pengadaan semua bahan, peralatan dan tenaga kerja, pemasangan, pengujian, perbaikan selama masa pemeliharaan dan training bagi calon operator, sehingga seluruh sistem-sistem electronic seperti Telepon dan Kabel Data dapat beroperasi dengan sempurna.
- b. Peralatan ini harus mendapat surat dukungan teknis dari pabrik pembuatan.
- c. Surat Jaminan ketersediaan spare part minimal 5 tahun.

2.10.2 Standard dan Referensi

Standard dan Referensi yang digunakan disini adalah :

- a. Peraturan Pemerintah/Pemerintah Daerah tentang pemasangan Instalasi Komunikasi dalam Gedung.
- b. Peraturan PT. TELKOM tentang syarat-syarat penyambungan Telepon.
- c. Peraturan Pemerintah/Pemerintah Daerah tentang Pemasangan Sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran dalam Gedung.

- d. Peraturan Departemen Pekerjaan Umum SKBI - 3.4.53.1987
UDC : 699.81 : 614.84 tentang pemasangan sistem Deteksi dan Alarm Kebakaran untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran pada Bangunan Rumah dan Gedung.
- e. Peraturan pemerintah/Pemerintah Daerah tentang pemasangan Instalasi Sound System dalam Gedung.
- f. Pembangunan Gedung PTIK Universitas Negeri Semarang 166
Juga dijadikan standard pegangan antara lain :
 - Standard CCITT.
 - Standard NF.PA
 - Standard yang dikeluarkan oleh pabrik

9. Pekerjaan Instalasi Telepon

2.11.1 Lingkup Pekerjaan.

Yang dicakup dalam lingkup pekerjaan instalasi telpon ini, antara lain :

- a. Mengadakan tes/triel-run Instalasi menyeluruh, sehingga sistem telepon tersebut dapat berfungsi dengan tepat dan benar.
- b. Menyelenggarakan pemeliharaan sistem, termasuk penyediaan spare-parts, selama sekurang-kurangnya 12 (dua belas) bulan.

2.11.2 Syarat-syarat Pelaksanaan.

- a. Kontraktor harus menyakinkan pemberi tugas, bahwa pekerjaan dilaksanakan oleh tenaga - tenaga yang berpengalaman dan mengikuti syarat-syarat PT.TELKOM.
- b. Kontraktor harus menjamin bahwa pemasangan akan disahkan oleh PT.TELKOM sehingga penyambungan saluran dari perumtel sampai dibangunan tidak menemui kesulitan baik prosedur teknis maupun non teknis.
- c. Selama pemasangan instalasi kontraktor harus menempatkan seorang tenaga ahli yang mengawasi pelaksanaan.
- d. Kontraktor harus mengganti kembali material-material yang rusak/cacat sehingga syarat phisik dengan baik dapat dipenuhi.
- e. Kontraktor harus membersihkan kembali sisa pekerjaan berupa potongan kayu, kabel, metal, bekas bobokan baik pada tembok/ beton maupun pada lantai, serta memperbaiki finishing seperti keadaan semula.
- f. Kontraktor harus mengadakan testing dan start-up dimana segala keperluan untuk ini adalah tanggung jawab dari Kontraktor.

2.11.3 Pemasangan

- a. Kabel yang keluar dari MDF ke TB-T sampai ke pesawat dengan jumlah pair seperti tertera pada gambar, dari kabel berisolasi dengan PVC dengan pipa pelindung statis (sesuai

dengan ketentuan VDE 0815 atau PT.TELKOM K.9-1-011). Sedangkan untuk kabel diluar bangunan menggunakan kabel tanah. Seluruh instalasi telepon dalam conduit PVC dan setiap pencabangan harus dilakukan dalam junction box dari PVC.

- b. Kabel-kabel dari TB-T kesetiap outlet telepon menggunakan conduit PVC yang ditata dibawah plat lantai dan dinding memakai kabel ITC. Pada pemasangan Kontraktor harus menyesuaikan letak conduit tersebut dengan gambar instalasi, serta dilengkapi dengan junction box dan accessories lain sekalipun dalam gambar tidak dinyatakan dengan jelas.
- c. Segala syarat dan cara pemasangan outlet telepon dan penginstalasian menjadi tanggungan Kontraktor.
- d. Instalasi yang terpasang pada plat lantai atau ditempat lain secara exposed harus dilapisi dengan cat dasar dan cat dasar dan cat akhir, yang warnanya akan ditentukan kemudian oleh Direksi Lapangan.
- e. Kotak TB-T dan MDF harus terbuat dari bahan plat besi dengan ketebalan minimum 1,5 mm dengan difinished dengan cat dasar dan cat akhir,. Dengan warna ditentukan kemudian.
- f. Semua TB-T dan MDF harus dilengkapi dengan kunci "Master Key Type"

2.11.4 Persyaratan bahan / material

- a. Semua material yang disupplay dan dipasang oleh Kontraktor harus baru dan material tersebut khusus untuk pemasangan didaerah trofis, serta sebelum pemasangan harus mendapat persetujuan dari Direksi Lapangan.
- b. Kontraktor harus bersedia mengganti material yang tidak disetujui karena menyimpang dari spesifikasi tanpa biaya extra.
- c. Daftar material seperti tabel dibawah ini :

No	Peralatan / Material	Buatan Pabrik / Merk
1	Outlet Telepon	MK, Clipsal atau Legrand
2	Kabel Telepon ITC 2X0,6 mm	Kabelindo, Supreme, Kabel Metal
3	Conduit	Clipsal, EGA
4	MDF, TBT & ITF	Standar dari PT.Telepon

BAB X

PENUTUP

6.1 Simpulan

1. Pembangunan gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Negeri Semarang dilatar belakangi, karena kurangnya ruangan untuk menunjang kegiatan akademik.
2. Pembangunan gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi dilengkapi oleh persyaratan administratif dan persyaratan teknis demi terciptanya struktur bangunan yang kuat, efisien, stabil serta layak pakai dan nyaman.
3. Pembangunan gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi direncanakan dapat menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa. Gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi terletak di wilayah gempa 2, dan direncanakan sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen.
4. Pondasi gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam redesain ini, menggunakan pondasi foot plat dengan mutu beton pondasi yaitu K-300 (f_c 24,9 Mpa).
5. Mutu beton gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi untuk pondasi, balok, kolom, pelat lantai dan tangga direncanakan menggunakan mutu beton K-300 (f_c 24,9 Mpa), dan mutu tulangan baja F_y 2400 kg/c^{m2} atau U24 (tulangan polos) untuk diameter < diameter 13

sedangkan F_y 4000 kg/c^{m2} atau U40 (tulangan deform/ulir) untuk diameter > diameter 13.

6. Mutu baja gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi direncanakan menggunakan mutu baja Bj 37.
7. Kuda – kuda gedung Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi direncanakan menggunakan kuda – kuda baja Profil double siku 2L.60.60.6, gording menggunakan baja profil light lip channels C.125.50.20.4,0, usuk dan reng direncanakan menggunakan kayu kelas kuat I dan penutup atap direncanakan menggunakan genteng beton.

7.2 Saran

1. Pembangunan sebuah gedung harus mengikuti peraturan – peraturan perencanaan struktur, sehingga dapat tercipta struktur bangunan yang kuat, stabil serta layak pakai dan nyaman.
2. Pembangunan sebuah gedung harus memperhatikan letak wilayah gempa bangunan tersebut, sehingga dapat meminimalisir pengaruh beban gempa demi terciptanya struktur bangunan yang kuat, stabil serta layak pakai dan nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum. *Pedoman Perencanaan Bangunan Baja untuk Gedung*.
- Departement Pekerjaan Umum. 2007. *Pedoman Teknis Pembangunan Gedung Negara*.
- Departement Pekerjaan Umum. 1961. *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia Ni – 5 PKKI 1961*.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Gunawan, Rudi dan Morisco. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI).
- Oentoeng. 1999. *Konstruksi Baja*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Satyarno, Irman dkk. 2012. *Belajar SAP 2000 Cepat – Tepat – Mahir Seri 2*. Yogyakarta: Zamil Publishing.
- Tricahyo, Hanggoro. 2007. *Handout Rekayasa Pondasi 1 Pondasi Telapak*.
- Tricahyo, Hanggoro. 2007. *Handout Rekayasa Pondasi 2 Pondasi Tiang Pancang*.
- Cvis, W. C dan Gideon H. Kusuma. 2005. *Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar Bestek

Laporan Investigasi Soil Test

Hasil Analisis Program SAP 2000 v10

Rencana Anggaran Biaya