



**REDESAIN STRUKTUR BANGUNAN PASAR
KABUPATEN BATANG, JAWA TENGAH**

TUGAS AKHIR

Disusun sebagai syarat untuk menempuh Tugas Akhir
Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Oleh :

Muhammad Febriyanto (NIM.5113412057)

Ciptadi Satrio Pratomo (NIM.5113412072)

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

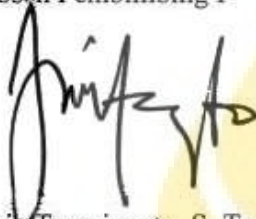
2016

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir dengan judul “**Redesain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang, Jawa Tengah.**” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Semarang, 4 Oktober 2016

Dosen Pembimbing I



Ariy Taveriyanto, S. T., M. T.

NIP. 196507222001121001

Dosen Pembimbing II



Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto, S.T, M.T

NIP. 197505292005011001



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul “Redesain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang, Jawa Tengah” telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 10. bulan Oktober.... tahun 2016

Oleh

Nama : Muhammad Febriyanto
NIM : 5113412057
Nama : Ciptadi Satrio Pratomo
NIM : 5113412072
Program Studi : Teknik Sipil S1

Panitia :

Ketua

Sekretaris

Dra. Sri Handayani, MPd.
NIP. 19671108 199103 2 0001

Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 19780921 200501 2 001

Penguji I

Penguji II / Pembimbing I

Penguji III / Pembimbing II

Endah Kanti Pangestuti,
S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

Arie Javeriyanto, S.T., M.T.
NIP. 196507222001121001

Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto,
S.T., M.T.
NIP. 197505292005011001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan / atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 4 Oktober 2016

yang membuat pernyataan,

The logo of Universitas Negeri Semarang (UNNES) is visible as a large, semi-transparent watermark in the background of the page. It features the acronym 'UNNES' in a bold, blue, sans-serif font, with a stylized yellow and red emblem above it.

Muhannad Febrizante
NIM. 5113412057

Ciptadi Satrio Pratomo
NIM. 5113412072

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Sesungguhnya setelah sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. (Al-Insyirah:6-7).
2. Keberhasilan bukanlah milik mereka yang pandai. Namun keberhasilan adalah milik mereka yang bekerja keras. (B.J. Habibie)
3. Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah. (Thomas Alva Edison)
4. Berangkat dengan penuh keyakinan, berjalan dengan penuh keikhlasan, istiqomah dalam menghadapi cobaan.
5. Punggung pisaupun bila diasah akan menjadi tajam.

PERSEMBAHAN :

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orangtua kami atas segala perjuangan, doa, kesabaran, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan kepada kami.
2. Keluarga, sahabat, teman-teman dan orang – orang tersayang .
3. Almamater UNNES

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

ABSTRAK

Muhammad Febriyanto dan Ciptadi Satrio Pratomo

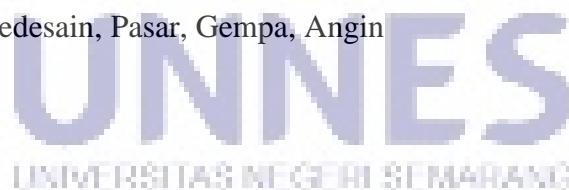
Redesain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang, Jawa Tengah.

Redesain struktur gedung harus sesuai dengan standar dan peraturan – peraturan terbaru yang berlaku, dan dengan memperhitungkan gaya gempa yang akan terjadi. Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah meredesain struktur bangunan Pasar Kabupaten Batang sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012), Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013), serta Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Membuat Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) struktur dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) struktur redesain bangunan Pasar Kabupaten Batang.

Redesain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang ini meliputi desain struktur atas dan struktur bawah. Desain struktur atas, dilakukan menggunakan program SAP 2000 versi 17. Struktur atas meliputi kolom, balok, pelat lantai, dan atap. Desain struktur bawah dihitung menggunakan program AFES versi 3.0. Struktur bawah meliputi perencanaan pondasi mini pile, pile cap. Pembebanan yang ditinjau untuk perencanaan elemen struktur adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin.

Berdasarkan hasil perencanaan awal, diketahui jenis tanah dasar merupakan tanah lunak dengan nilai S_{ds} sebesar 0,596 dengan Gaya Geser Gempa (V) Statik yang terjadi sebesar 9286,991316 kN. Sedangkan berat gedung (W) sebesar 123854,3404 kN. Selain itu, dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didapatkan harga sebesar Rp. 16.443.158.707,27 untuk pekerjaan struktur bawah dan Rp. 44.572.103.585,18 untuk pekerjaan struktur atas satu lantai dan atap.

Kata kunci : Redesain, Pasar, Gempa, Angin



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga tugas akhir yang berjudul **“Redesain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang, Jawa Tengah”** dapat penulis selesaikan. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

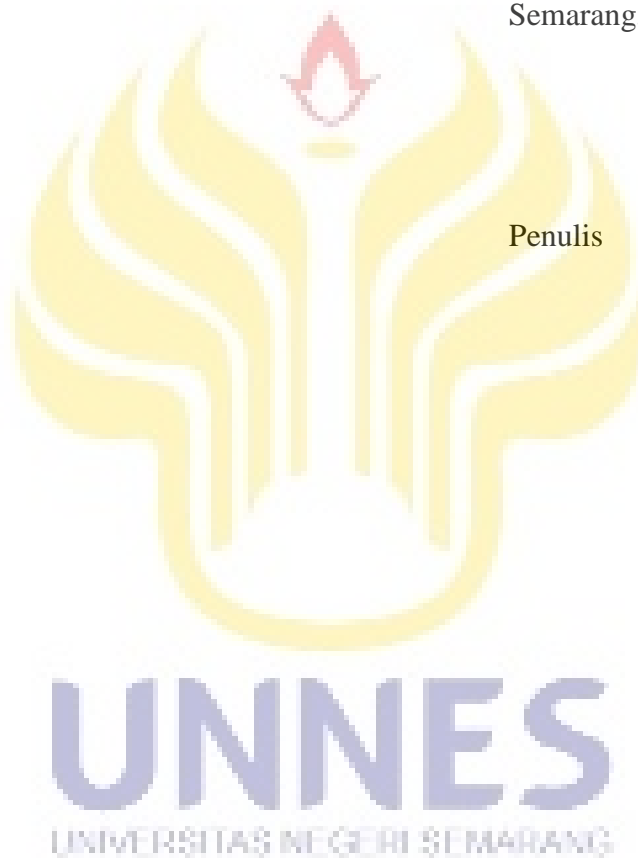
Tugas Akhir ini terselesaikan tidak lepas karena adanya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang, Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Dr. Nur Qudus, M.T., yang telah memberi izin untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang, Ibu Dra. Sri Handayani, M.Pd. atas persetujuan penelitian.
4. Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang, Ibu Dr. Rini Kusumawardani, S.T.,M.T.,M.Sc. atas dukungan penelitian.
5. Arie Taveriyanto, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing pertama dan Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing kedua. Kesabaran dalam membimbing, memberikan masukan, arahan serta motivasi kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
6. Penguji sidang tugas akhir, Ibu Endah Kanthi Pangestuti, S.T., M.T., yang telah memberikan saran dan masukkan dalam perbaikan tugas akhir.
7. Bapak Ibu tercinta atas semangat dan kasih sayangnya, serta yang tiada hentinya memanjatkan doa untuk kebahagiaan dan keberhasilan penulis.
8. Seseorang yang selalu ada, yang senantiasa memberikan motivasi, bantuan dan semangat dalam penyusunan tugas akhir.
9. Semua teman – teman teknik sipil 2012 yang selalu mendukung, memberikan semangat, motivasi, dan membantu dalam penulisan tugas akhir Semua pihak yang telah berkenan membantu penulis selama

penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga masukan, kritik, dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang terkait pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Semarang, Oktober 2016



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENGANTAR	1
1. Latar Belakang	1
2. Rumusan Masalah	2
3. Tujuan dan Manfaat	2
3.1. Tujuan dan Manfaat	2
3.2. Manfaat	2
4. Batasan Masalah	3
5. Sistematika Penulisan	3
BAB II STUDI PUSTAKA	5

1.	Tentang Umum	5
2.	Kriteria Desain Struktur	5
3.	Pembebanan dan Kombinasi	7
3.1.	Beban Mati	7
3.2.	Beban Hidup	7
3.3.	Beban Angin	8
3.4.	Mekanikal Elektrikal	10
3.5.	Beban Gempa	12
4.	Prosedur Pendesainan Elemen Struktur	13
4.1.	Struktur Tahan Gempa	14
4.2.	Perencanaan Kapasitas (<i>Capacity Design</i>)	15
4.3.	Mendesain Balok	17
4.4.	Mendesain Kolom	19
4.5.	Perencanaan Atap	20
5.	Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi	21
5.1.	Syarat Pondasi pada Sebuah Bangunan	22
5.2.	Pemilihan Tipe atau Jenis Pondasi	22
5.3.	Perhitungan Pile Cap	23
5.4.	Perhitungan Tie Beam	26
BAB III PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR		28
1.	Tahap Persiapan	28
1.1.	Perubahan Pembebanan Struktur Gedung	28
1.2.	Beban Mati dan Hidup SNI Pembebanan 2013	28

1.3.	Nilai Parameter Reduksi Kekuatan dan Kombinasi Pembebanan SNI	
	Beton 2013	29
1.4.	Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur SNI	
	1727-2013	30
1.4.1.	Faktor Arah Angin K_d	31
1.4.2.	Kategori Eksposur	31
1.4.3.	Faktor Topografi	31
1.4.4.	Faktor Efek Tiupan Angin	31
1.4.5.	Klarifikasi Ketertutupan	31
1.4.6.	Koefisien Tekanan Internal	32
1.4.7.	Tekanan Velositas q_z	32
1.4.8.	Koefisien Tekanan Eksternal C_N	32
1.4.9.	Tekanan Angin P	33
1.5.	Perencanaan Kuda-Kuda	34
1.5.1.	Beban Mati (D)	34
1.5.2.	Beban Hidup (L)	34
1.6.	Pembebanan Escalator	34
2.	Tahap Pengumpulan Data Desain dan Redesain	37
2.1.	Pengumpulan Gambar Denah, Tampak, Potongan, dan Kuda-kuda	37
2.2.	Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah	40
2.3.	Pengumpulan Gaambar Struktur Eksisting	44
2.3.1.	Peraturan yang Digunakan	45
2.3.2.	Jenis Material	45

3.	Analisis Data Gambar Denah Eksisting dan Redesain	46
3.1.	Denah Eksisting	46
3.2.	Denah Redesain	48
4.	Penentuan Beban Mati dan Hidup	51
4.1.	Beban Mati dan Hidup Struktur Eksisting	51
4.2.	Beban Mati dan Hidup Struktur Redesain	52
5.	Penentuan Beban Sementara Gempa	58
5.1.	SNI Gempa 2012	58
5.1.1.	Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem R, C_d, Ω_0	60
5.1.2.	Jenis Tanah Dasar	61
5.1.3.	Perhitungan Berat Bangunan (W)	66
5.1.4.	Batasan Periode Fundamental Struktur (T)	66
5.1.5.	Koefisien Respon Seismik (C_s)	68
5.1.6.	Perhitungan Beban Geser Dasar Struktur (V)	68
5.2.	Bagan Alir Redesain Struktur	69
BAB IV REDESAIN STRUKTUR		72
1.	Tentang Umum	72
2.	Permodelan Struktur	75
2.1.	Skala Faktor	76
2.2.	Simpangan dan Efek P-Delta	77
2.2.1.	Pengecekan Terhadap Torsi	77
2.2.2.	Pengecekan Terhadap Simpangan	79
3.	Analisis Struktur	81

3.1	Jenis Material	81
3.2.	Dimensi Penampang Elemen	81
3.2.1.	Dimensi Balok Induk	81
3.2.2.	Dimensi Kolom	83
3.3.	Beban dan Kombinasi Pembebanan pada Struktur Redesain	83
3.3.1.	Beban Angin	84
3.3.2.	Perencanaan Kuda-Kuda	94
3.3.3.	Pembebanan Escalator	97
3.3.4.	Beban Gempa	98
3.3.5.	Kombinasi Pembebanan	100
4.	Desain Struktur Atas	102
4.1.	Kriteria Desain Struktur Atas	102
4.2.	Perhitungan Penulangan Lentur Balok	105
4.2.1.	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok B3-25x60	105
4.2.2.	Perhitungan Tinggi Balok Desak Ekuivalen (α)	106
4.2.3.	Perhitungan Gaya-Gaya Penampang	107
4.3.	Perhitungan Penulangan Geser Balok	108
4.3.1.	Perhitungan Tulangan Geser Daerah Lapangan	109
4.3.2.	Perhitungan Tulangan Geser Daerah Tumpuan	110
4.4.	Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 2	113
4.4.1.	Perhitungan Tulangan Geser Kolom	114
4.5.	Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 1	115
4.5.1.	Perhitungan Tulangan Geser Kolom	117

4.6.	Perhitungan Penulangan Hubungan Balok Kolom	118
4.7.	Perhitungan Penulangan Plat Lantai	119
4.8.	Perhitungan Penulangan Tangga	120
5.	Desain Struktur Bawah	122
5.1.	Kriteria Desain Struktur Bawah	122
5.2.	Perencanaan Tie Beam	122
5.3.	Perhitungan Tulangan Tie Beam	123
5.4.	Analisis Manual Tie Beam	123
5.4.1.	Beban Konsentrik Titik A	124
5.4.2.	Sumbu Lemah Titik B	124
5.4.3.	Sumbu Lemah Titik C	126
5.4.4.	Sumbu Kuat Titik B	127
5.4.5.	Sumbu Kuat Titik C	128
5.4.6.	Diagram Interaksi Tie Beam	132
5.4.7.	Penulangan Senggang Tie Beam	133
5.5.	Analisis Tie Beam Dengan PCA COL	134
5.6.	Perhitungan Kapasitas Dukung Pile	135
5.6.1.	Penentuan Beban Ultimit Tiang Vertikal Secara Statis	136
5.6.2.	Penentuan Beban Ultimit Tiang Horizontal (Metode Broms)	136
5.7.	Redesain Jumlah Tiang Terpasang	139
5.8.	Redesain Perhitungan Distribusi Reaksi Tumpuan ke Tiang	141
5.9.	Perhitungan Penulangan Pile Cap	144
5.10.	Perhitungan Penulangan Pile Cap Menggunakan Program AFES	146

5.10.1. Penentuan Dimensi Pondasi	146
5.10.2. Memasukan Beban Kombinasi	148
5.10.3. Hasil Analisis AFES	150
5.10.4. Hasil Penulangan Pondasi	152
BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI	154
1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) Bangunan Pasar Kabupaten Batang	154
1.1. Pekerjaan Struktur	154
1.2. Pekerjaan Tanah	156
1.3. Pekerjaan Beton	161
1.4. Pekerjaan Tiang Pancang	177
2. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Bangunan Pasar Kabupaten Batang	189
BAB VI PENUTUP	192
1. Simpulan	192
2. Saran	193
DAFTAR PUSTAKA	194
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Reaction Force Factor	10
Tabel 2.2	Horizontal Steps	11
Tabel 2.3	Standard Dimensions	11
Tabel 2.4	Reaction Force On Beam	11
Tabel 2.5	Faktor Reduksi Kekakuan harus seperti yang diberikan dalam Point 1 sampai 7	19
Tabel 3.1	Beban Mati SNI 2013	29
Tabel 3.2	Distribusi Beban Hidup SNI 2013	29
Tabel 3.3	Parameter Reduksi Kekakuan ϕ SNI 2013	30
Tabel 3.4	Kombinasi Pembebanan	30
Tabel 3.5	Koefisien Tekanan Eksternal	33
Tabel 3.6	Beton	45
Tabel 3.7	Tulangan	46
Tabel 3.8	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	60
Tabel 3.9	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	60
Tabel 3.10	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	61
Tabel 3.11	N-SPT Rata-rata Gedung Pasar Batang SNI 2012	62
Tabel 3.12	Klasifikasi Situs	63

Tabel 3.13	Respon Spektrum Kab. Batang	66
Tabel 3.14	Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	67
Tabel 3.15	Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	67
Tabel 4.1	Base Reactions	76
Tabel 4.2	Modul Load Participation Rations	76
Tabel 4.3	Modal Periods and Frequencies	76
Tabel 4.4	Skala Faktor	77
Tabel 4.5	Torsi Arah y	78
Tabel 4.6	Torsi Arah x	78
Tabel 4.7	Kategori Desain Struktur	80
Tabel 4.8	Simpangan Arah y	80
Tabel 4.9	Simpangan Arah x	80
Tabel 4.10	Material Beton	81
Tabel 4.11	Material Tulangan	81
Tabel 4.12	Dimensi Balok Induk	82
Tabel 4.13	Perhitungan Dimensi Balok Induk pada Program SAP2000	83
Tabel 4.14	Perhitungan Dimensi Kolom pada Program SAP2000	83
Tabel 4.15	Koefisien Tekanan Eksternal C_N	86
Tabel 4.16	Desain Case A Tekanan untuk Atap	87
Tabel 4.17	Desain Case B Tekanan untuk Atap	88
Tabel 4.18	Desain Case A Tekanan untuk Atap	89
Tabel 4.19	Desain Case B Tekanan untuk Atap	89
Tabel 4.20	Distribusi Beban Tekan pada Atap $P_1 \rightarrow P_8$	90

Tabel 4.21	Distribusi Beban Hisap pada Atap $P_1 \rightarrow P_8$	91
Tabel 4.22	Aplikasi Beban Angin pada SAP2000 v17 (P_v)	93
Tabel 4.23	Aplikasi Beban Angin pada SAP2000 v17 (P_v)	93
Tabel 4.24	Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	99
Tabel 4.25	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	99
Tabel 4.26	Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	100
Tabel 4.27	Kombinasi Pembebanan pada SAP2000 v17	101
Tabel 4.28	Data Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 2	113
Tabel 4.29	Data Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 1	116
Tabel 4.30	Hasil Interaksi Tie Beam Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat	132
Tabel 4.31	Nilai Qijin Sondir I, II, dan III	136
Tabel 4.32	Spesifikasi Prestressed Concrete Piles	138
Tabel 4.33	Data Pondasi yang perlu dilakukan Redesain	140
Tabel 4.34	Koordinat Sumbu x dan y Pondasi Joint 4	142
Tabel 4.35	Kombinasi Beban pada Pondasi Grup Tiang	143
Tabel 4.36	Qmaks dan Paksial Kolom	143
Tabel 4.37	Koordinat Beban Terfaktor pada Pondasi Grup Tiang	144
Tabel 4.38	Jarak AS Pondasi Terhadap Tepi Kolom	144
Tabel 4.39	Momen dan Paksial Tiang dalam Satu Pile Cap	145
Tabel 4.40	Input Beban Kombinasi Terfaktor pada Pondasi	149

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Leleh pada Struktur Gedung Akibat Beban Gempa ..	16
Gambar 2.2	Hitungan Reaksi Tiang	25
Gambar 3.1	Contoh Escalator	36
Gambar 3.2	Site Plan Pasar Kab. Batang	38
Gambar 3.3	Tampak Depan Bangunan Pasar Batang	39
Gambar 3.4	Potongan Bangunan Pasar Batang	39
Gambar 3.5	Kuda-Kuda	39
Gambar 3.6	Grafik Sondir S.I	41
Gambar 3.7	Grafik Sondir S.II	42
Gambar 3.8	Grafik Sondir S.III	43
Gambar 3.9	Denah Eksisting	47
Gambar 3.10	Denah Lt.1 Redesain	49
Gambar 3.11	Denah Lt.2 Redesain	50
Gambar 3.12	Beban Koridor	53
Gambar 3.13	Beban Kios	54
Gambar 3.14	Beban Dak	55
Gambar 3.15	Beban Tangga	56
Gambar 3.16	Beban Tangga Berjalan	57
Gambar 3.17	Lokasi Gedung Pasar Batang	64

Gambar 3.18	Respon Spektrum Gedung Pasar Batang SNI 20012	65
Gambar 3.19	Bagan Alir Redesain Struktur Gedung Pasar Batang	71
Gambar 4.1	Permodelan SAP2000 v17	75
Gambar 4.2	Case A pada Permukaan Atap Utama	87
Gambar 4.3	Case B pada Permukaan Atap Utama	88
Gambar 4.4	Case A pada Permukaan Atap Kecil	88
Gambar 4.5	Case B pada Permukaan Atap Kecil	89
Gambar 4.6	Distribusi Beban Tekan pada Atap (Section 1)	90
Gambar 4.7	Distribusi Beban Tekan pada Atap (Section 1)	91
Gambar 4.8	Beban Angin pada Section 1 dan Section 8	94
Gambar 4.9	Permodelan Atap pada SAP2000 v17	94
Gambar 4.10	Penempatan Tulangan pada Slab	102
Gambar 4.11	Sengkang Tertutup Saling Tumpuk dan Ilustrasi Batasan pada Spasi Horizontal Maximum Batang Tulangan Longitudinal yang Ditumpu	104
Gambar 4.12	Momen yang terjadi pada Balok B3-25x60	105
Gambar 4.13	Gaya Geser yang terjadi pada Balok B3-25x60	108
Gambar 4.14	Penulangan Balok B3-25x60	113
Gambar 4.15	Interaksi P-M Kolom Lantai 2 K7-65x65	114
Gambar 4.16	Interaksi P-M Kolom Lantai 1 K7-65x65	117
Gambar 4.17	Permodelan Tie Beam	123
Gambar 4.18	Contoh Penampang Tie Beam	124
Gambar 4.19	Diagram Regangan dan Tegangan Sumbu Lemah Titik B	124

Gambar 4.20 Diagram Regangan dan Tegangan Sumbu Lemah Titik C	126
Gambar 4.21 Diagram Regangan dan Tegangan Sumbu Kuat Titik B	127
Gambar 4.22 Diagram Regangan dan Tegangan Sumbu Kuat Titik C	130
Gambar 4.23 Diagram Interaksi Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat Tie Beam ...	133
Gambar 4.24 Pengecekan tulangan Tie Beam 25 x 50 dengan PCA-COL	136
Gambar 4.25 Mekanisme Keruntuhan Tiang Panjang Ujung Jepit Dalam Tanah	
Kohesif	138
Gambar 4.26 Distribusi Reaksi Tumpuan ke Tiang	141
Gambar 4.27 Tampak Atas Pondasi	147
Gambar 4.28 Tampak 3 Dimensi Pondasi	148
Gambar 4.29 Input Load Combination	149
Gambar 4.30 Cek Daya Dukung Pile Cap	150
Gambar 4.31 Cek Tulangan Pile Cap Arah x	150
Gambar 4.32 Cek Tulangan Pile Cap Arah y	151
Gambar 4.33 Check of One-Way Shear	151
Gambar 4.34 Check of Two-Way Shear	152
Gambar 4.35 Check of Pile Punching Shear	152
Gambar 4.36 Penulangan Pondasi	153

DAFTAR LAMPIRAN

Hasil Program AFES

Gambar Redesain Keyplan Pondasi

Gambar Redesain Keyplan Struktur

Gambar Detail Balok

Gambar Detail Kolom

Gambar Detail Kuda-Kuda

Gambar Detail Plat Lantai

Gambar Detail Tangga



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Pasar tradisional merupakan tempat jual-beli yang masih mempertahankan tradisi atau kultur daerah setempat. Walaupun tradisi yang dianut daerah A dan B berbeda, namun ada hal yang mutlak dimiliki oleh pasar tradisional yakni ritual tawar-menawar. Keberadaan dan peran pasar tradisional hingga saat ini tidak bisa diabaikan begitu saja karena banyak berperan dalam memenuhi kebutuhan-kebutuhan masyarakat, menyangga perekonomian masyarakat, dan merupakan sumber pendapatan pemerintah daerah dari penarikan retribusi/pajak terhadap pedagang dimana pasar tradisional itu berada.

Kabupaten Batang secara geografis terletak di bagian utara Pulau Jawa yang bagian baratnya berbatasan dengan Kota Pekalongan dan Kabupaten Kendal di sebelah timurnya. Dengan luas wilayah sekitar 780 km² dan kepadatan penduduk rata-rata 890 jiwa/km² (tahun 2010). Dengan tingginya jumlah penduduk di Kabupaten Batang kebutuhan-kebutuhan yang diperlukan masyarakat semakin banyak, maka pasar merupakan tempat yang sangat penting bagi masyarakat Kabupaten Batang untuk berjual-beli memenuhi kebutuhan. Terutama Pasar Batang yang merupakan pasar terbesar di Kabupaten Batang.

Pada tahun 2014 Pemkab Batang berupaya merenovasi bangunan gedung Pasar Batang. Gedung itu sendiri sudah didesain oleh perencana pada tahun 2014, tetapi sebelum dilelangkan ada review oleh Pemkab Batang yaitu meminta dibuatkan tambahan area parkir motor di bagian dak serta penambahan tangga berjalan dan perubahan tangga sesuai dengan gambar denah terakhir.

Dengan adanya review dari Pemkab Batang, kami berupaya melakukan re-desain terhadap struktur bangunan Pasar Batang dengan memperhitungkan beban-beban tambahan untuk dak serta beban untuk pemasangan tangga berjalan. Perencanaan bangunan gedung pasar itu sendiri perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain, kuat, aman, nyaman dan ekonomis. Merencanakan bangunan gedung dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang, konstruksi

gedung harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri, terutama gedung pasar harus mampu menopang beban hidup yang besar dan mampu bertahan terhadap gaya gempa, sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam jangka waktu yang direncanakan.

2. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah yang dikaji pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mere-desain struktur bangunan gedung Pasar Kab. Batang dengan tambahan beban pada dak untuk area koridor, parkir motor dan tambahan beban untuk tangga berjalan.
2. Bagaimana memperhitungkan beban atap dengan adanya beban angin.
3. Bagaimana memperhitungkan struktur gedung dengan beban dan gaya serta kombinasi beban yang ada untuk bangunan pasar.
4. Bagaimana merencanakan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk bangunan gedung Pasar Batang.

3. TUJUAN DAN MANFAAT

3.1. Tujuan

1. Mere-desain struktur bangunan gedung Pasar Batang.
2. Memperoleh hasil perencanaan re-desain struktur berupa perhitungan dan gambar kerja.
3. Merencanakan dan menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk bangunan gedung Pasar Batang.

3.2. Manfaat

1. Mendapatkan suatu re-desain untuk struktur bangunan gedung Pasar Batang.
2. Memperoleh hasil re-desain struktur dari review gambar denah, tampak dan potongan.
3. Mendapatkan data Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk bangunan gedung Pasar Batang.

4. BATASAN MASALAH

Ruang lingkup dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah mere-desain gedung Pasar Batang. Adapun batasan masalah dalam penulisan Tugas Akhir dengan judul Re-desain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang ini meliputi:

1. Menganalisis dan mere-desain struktur bangunan pasar Kabupaten Batang sesuai dengan hasil review gambar denah, tampak, dan potongan.
2. Menguraikan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan menjelaskan manajemen konstruksinya.
3. Perencanaan struktur menggunakan acuan:
 - SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
 - SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
 - SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

5. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan Tugas Akhir dengan judul Re-Desain Struktur Bangunan Pasar Kabupaten Batang ini dibagi menjadi beberapa bab dengan materi sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI PUSTAKA

Berisi tentang kriteria desain struktur, pembebanan dan kombinasinya, prosedur pendesainan elemen struktur, dan prosedur pendesainan sistem pondasi.

BAB III PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR



Meliputi tahap persiapan, pengumpulan data desain dan re-desain, analisis data desain dan re-desain, penentuan denah struktur, penentuan beban tetap mati dan hidup, beban sementara gempa, serta bagan alir re-desain struktur.

BAB IV REDESAIN STRUKTUR

Berisi tentang permodelan struktur, analisis struktur, desain struktur, gambar DED struktur, perbandingan desain dan redesain gambar DED.

BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI

Membahas perbandingan metode pelaksanaan, RKS, RAB, time schedule.

BAB VI PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran.



BAB II

STUDI PUSTAKA

1. TENTANG UMUM

Pasar adalah salah satu dari berbagai sistem, institusi, prosedur, hubungan sosial dan infrastruktur dimana usaha menjual barang, jasa dan tenaga untuk orang-orang dengan imbalan uang. Barang dan jasa yang dijual menggunakan alat pembayaran yang sah seperti uang. Kegiatan seperti ini merupakan bagian dari perekonomian. Ini adalah aturan yang memungkinkan pembeli dan penjual untuk saling bertukar barang dan jasa. Persaingan sangat penting dalam pasar, dan memisahkan pasar dari perdagangan. Pasar bervariasi dalam ukuran, jangkauan, skala geografis, lokasi jenis dan berbagai komunitas manusia, serta jenis barang dan jasa yang diperdagangkan.

Dalam ilmu ekonomi, konsep pasar adalah setiap struktur yang memungkinkan pembeli dan penjual untuk menukar jenis barang, jasa, dan informasi. Pertukaran barang atau jasa untuk uang adalah transaksi. Pasar terdiri dari semua pembeli dan penjual yang mempengaruhi harga. Pengaruh ini merupakan studi utama ekonomi dan telah melahirkan beberapa teori dan model tentang kekuatan dasar penawaran dan permintaan. Pasar memfasilitasi perdagangan dan memungkinkan distribusi dan alokasi sumber daya dalam masyarakat. Sebuah pasar muncul kurang lebih secara spontan atau sengaja dibangun oleh interaksi manusia untuk memungkinkan pertukaran hak (kepemilikan) jasa dan barang.

2. KRITERIA DESAIN STRUKTUR

Dalam menganalisa atau mendesain suatu struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran untuk menentukan apakah suatu struktur tersebut dapat diterima sesuai fungsi yang diinginkan atau untuk maksud desain tertentu (*Schodek, 1992*). Untuk memenuhi kriteria-kriteria dalam mendesain suatu bangunan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Arsitektural, Estetika, dan Fungsi Bangunan

Aspek Arsitektural ini dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan dari jiwa manusia akan sesuatu hal yang terlihat indah. Bentuk-bentuk struktur yang direncanakan mengacu pada pemenuhan kebutuhan yang dimaksud dan sesuai dengan fungsinya.

b. Kekuatan dan Kestabiaan

Struktur harus cukup kuat dan stabil dalam mendukung beban rencana yang bekerja dan penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya-gaya yang bekerja.

c. Kemampuan Layanan

Komponen struktur harus memenuhi kemampuan layanan terhadap tingkat beban kerja dan kemampuan layanan bagi keamanan serta kenyamanan pengguna bangunan tersebut. Hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu lendutan, retak, korosi tulangan, rusaknya permukaan balok atau pelat beton bertulang.

5. Ekonomis dan mudah dilaksanakan,serta dampak terhadap lingkungan sekitar wilayah proyek, baik dampak dimasa pelaksanaan maupun dampak yang akan terjadi setelah masa pelaksanaan berakhir.

Agar bangunan dapat berfungsi sesuai dengan umur rencana maka harus diperhitungkan terhadap beban-beban yang bekerja baik beban luar maupun beban dari berat struktur itu sendiri.

Peraturan yang digunakan untuk mendesain struktur gedung pasar adalah sebagai berikut:

- SNI 1727:2013 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
- SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

3. PEMBEBANAN DAN KOMBINASI

3.1 Beban mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (*SNI 1727-2013, halaman 15*).

3.2 Beban hidup

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau strukturlain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup terdistribusi merata minimum menurut *SNI 1727:2013 tabel 4.1 halaman 25*:

Hunian atau penggunaan	Beban Merata kN/m ²
- Apartemen / Rumah tinggal	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92
Tangga Rumah tinggal	1,92
- Kantor	
Ruang kantor	2,40
Ruang komputer	4,79
Lobi dan koridor lantai pertama	4,79
Koridor di atas lantai pertama	3,83
- Ruang pertemuan	
Lobi	4,79
Kursi dapat dipindahkan	4,79
Panggung pertemuan	4,79
- Balkon dan dek	
1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani.	
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92
- Koridor	
Koridor Lantai pertama	4,79
Koridor Lantai lain sama seperti pelayanan hunian	
- Ruang makan dan restoran	4,79

-	Rumah Sakit	
	Ruang operasi, laboratorium	2,87
	Ruang pasien	1,92
	Koridor diatas lantai pertama	3,83
-	Perpustakaan	
	Ruang baca	2,87
	Ruang penyimpanan	7,18
	Koridor diatas lantai pertama	3,83
-	Pabrik	
	Ringan	6,00
	Berat	11,97
-	Sekolah	
	Ruang kelas	1,92
	Koridor lantai pertama	4,79
	Koridor di atas lantai pertama	3,83
	Tangga dan jalan keluar	4,79
-	Gudang penyimpan barang	
	Ringan	6,00
	Berat	11,97
-	Toko Eceran	
	Lantai pertama	4,79
	Lantai diatasnya	3,59
	Grosir, di semua lantai	6,00

3.3 Beban Angin

Konstantinidis (2008) menjelaskan bangunan gedung dibangun didaerah yang secara geografi memiliki intensitas angin yang tinggi, mendapatkan nilai tekanan angin sebesar 1.50 kN/m^2 dan gaya resultan sekitar 400 kN. Kekuatan angin sama dengan 0,03% dari beban vertikal bangunan dan mengaplikasikan pada daerah bangunan secara teoritis berada di tengah-tengah dari ketinggian struktur bangunan itu sendiri. Membandingkan tekanan angin dengan tekanan

seismic pada struktur maka didapatkan hasil bahwa efek dari tekanan angin adalah 4 kali lebih kecil dari efek seismik.

Dalam mendimensi struktur tahan gempa bukan hanya mempertimbangkan gaya seismik dan gaya angin tetapi tidak menambah stimulasi beban. Sebagai aturan, langkah seismic untuk menerapkan analogi beban dengan tekanan angin memiliki nilai lebih besar dari pembebanan angin itu sendiri, akibatnya dalam desain struktur seismic tidak didimensikan untuk tekanan angin.

Pengaruh beban angin, W , harus ditentukan sesuai dengan kombinasi berikut ini:

$$1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$$

$$0,9D + 1,0W$$

Dalam menentukan beban angin yang mengacu pada *SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung & Struktur* tahapan dalam perhitungan beban angin adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan kategori risiko bangunan gedung.
- b. Menentukan kecepatan angin dasar (*basic wind speed*)
- c. Menentukan parameter beban angin :
 - 1) Faktor arah angin, K_d (Pasal 26.6 dan 26.6-1)
 - 2) Kategori eksposur, (Pasal 26.7)
 - 3) Faktor topografi K_{zt} , (Pasal 26.8 dan Tabel 26.8-1)
 - 4) Faktor efek tiupan angin, G , (Pasal 26.9)
 - 5) Klasifikasi ketertutupan (Pasal 26.10)
 - 6) Koefisien tekanan internal, (GC_{pi}), (Pasal 26.11 dan Tabel 26.11-1)
- d. Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z (Tabel 27.3-1)
- e. Menentukan tekanan velositas, q_z .
$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 (N/m^2)$$
- f. Faktor Efek Tiupan Angin (*Bangunan Kaku*)
- g. Menentukan koefisien tekanan eksternal, C_N (*Bangunan Terbuka*)
- h. Menghitung tekanan angin, p , (Pasal 27.4)

$$p = qGC_N$$

3.4 Mekanikal Elektrikal

Beban hidup yang diterapkan dalam *SNI 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung & Struktur* tepatnya pada Pasal 4.3 sampai Pasal 4.5 harus diasumsikan sudah memperhitungkan kondisi dampak biasa. Dalam perancangan struktur dengan beban getaran yang tidak biasa dan ada gaya dampak perlu pengaturan sendiri.

Tangga Berjalan

Semua elemen yang memikul beban dinamis dari tangga berjalan harus dirancang untuk beban dampak dan batas defleksi ditetapkan oleh ASME A17.1

Mesin

Untuk tujuan desain, berat mesin dan beban bergerak harus meningkat sebagai berikut untuk memungkinkan dampak :

1. Mesin ringan, poros atau bermotor mesin, 20%; dan
2. Unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga-driven, 50%;

Semua presentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

Produk pembuat tangga berjalan yang berkualitas serta sering digunakan di bangunan-bangunan gedung di Indonesia adalah *Mitsubishi Electric Escalators Series Z For USA* dan dari produk ini memiliki berbagai 3 type tangga berjalan, dari bermacam type digunakan sesuai dengan desain atau fungsi bangunan.

Spesifikasi Eskalator/tangga berjalan sebagai berikut :

Tabel 2.1 Reaction Force Factor

Type	α (N/mm)				
	Environment				
	Indoor		Outdoor		
S40" (S1000)		TG	≤ 13500	4.33	4.33
	13500 <	TG	≤ 15000	4.40	
	15000 <	TG		4.33	
S30" (S800)		TG	≤ 13850	3.89	-

	13850 <	TG	≤ 15500	3.96	
	15500 <	TG		3.89	
S24" (S600)		TG	≤ 14200	3.45	3.45
	14200 <	TG	≤ 16000	3.51	
	16000 <	TG		3.45	

Tabel 2.2 Horizontal Steps

Horizontal Steps	LF	UF	NK	NJ
2 Steps	1125	1430	1660	1965

Tabel 2.3 Standard Dimensions (mm)

Type	S24" (S600)	S32" (S800)	S40" (S1000)
W1 (Escalator Width)	1150	1350	1550
W2 (Between Moving Handrails)	840	1040	1240
W3 (Between Skirt Guards)	610	810	1010

Tabel 2.4 Reaction Force On Beam (N)

Without intermediate support beam	
RA	$\alpha \cdot LL + \frac{4220 \cdot (LL - TK + 1141) + 12000 \cdot (TJ - 1435)}{LL}$
RB	$\alpha \cdot LL + \frac{4220 \cdot (TK - 1141) + 12000 \cdot (LL - TJ + 1435)}{LL}$
RC	-
With intermediate support beam	

RA	$\alpha \cdot LA + 4220 - \frac{4220 \cdot (TK - 1141)}{LA}$
RB	$\alpha \cdot LB + 12000 - \frac{12000 \cdot (TK - 1435)}{LB}$
RC	$\alpha \cdot LL + \frac{4220 \cdot (TK - 1141)}{LA} + \frac{12000 \cdot (TJ - 1435)}{LB}$

3.5 Beban Gempa

Pengaruh beban gempa (E), harus ditentukan berdasarkan kombinasi menurut SNI 1726-2012 poin 4.2.2 yaitu sebagai berikut:

kombinasi beban untuk metoda ultimit:

$$1.2D+1.0E+L$$

kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin:

$$D+0.7E \text{ dan}$$

$D + 0.75(0.7E)+0.75L$ harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E = E_h + E_v.$$

kombinasi beban untuk metoda ultimit:

$$0.9D+ 1.0E$$

kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin:

$0.6D+ 0.7E$, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E = E_h - E_v.$$

E = pengaruh beban gempa;

E_h = pengaruh beban gempa horisontal

E_v = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa horisontal, E_h harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_h = \rho \cdot QE$$

QE = pengaruh gaya gempa horisontal

ρ = Faktor redundansi

Faktor redundansi, ρ harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam kedua arah ortogonal untuk semua struktur. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ harus sama dengan 1,3.

Pengaruh beban gempa vertikal, E_v harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_v = 0.2 S_{DS} \cdot D$$

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek

D = pengaruh beban mati.

kombinasi beban untuk metoda ultimit menjadi:

$$(1.2 + 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot Q_E + L$$

$$(0.9 - 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot Q_E$$

kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin menjadi:

$$(1 + 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot Q_E \text{ dan}$$

$$(1 + 0.10 S_{DS}) D + 0.75(0.7 \rho \cdot Q_E) + 0.75L$$

$$(0.6 - 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot Q_E$$

4. PROSEDUR PENDESAINAN ELEMEN STRUKTUR

Menurut Hanggoro et al (2015), prosedur analisis dan desain seismik yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan gaya vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yakni Analisis gaya lateral ekuivalen atau Analisis spektrum respons ragam, dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap

sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematic dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya. Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana. Analisis deformasi dan analisis lain seperti penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*).

4.1 Struktur Tahan Gempa

Menurut Indarto (2013), beban gempa sebenarnya yang bekerja pada struktur bangunan dapat melampaui beban gempa rencana yang tercantum di dalam peraturan. Di dalam peraturan, besarnya beban gempa rencana yang diperhitungkan bekerja Pada struktur bangunan adalah Gempa gaya-gaya dalam (momen lentur, elemen-elemen struktur seperti gaya-gaya dalam yang sudah diperhitungkan Jika hal ini Tidak Ditinjau Didalam perencanaan maka pada saat terjadi gempa kuat elemen elemen dari struktur akan mengalami kerusakan, bahkan secara keseluruhan struktur dapat mengalami keruntuhan. Agar struktur bangunan mempunyai kemampuan yang cukup dan tidak terjadi keruntuhan pada saat terjadi Gempa Kuat, maka dapat dilakukan dua cara sbb:

- **Membuat struktur bangunan sedemikian kuat,**

Sehingga struktur bangunan tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat. Struktur bangunan yang dirancang tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat adalah tidak ekonomis. Meskipun pada saat terjadi Gempa Kuat struktur ini tidak mengalami kerusakan yang berarti, sehingga tidak memerlukan biaya perbaikan yang besar, namun pada saat pembuatannya, struktur bangunan ini memerlukan biaya yang sangat mahal. Struktur bangunan yang didesain tetap berperilaku elastis pada saat terjadi Gempa Kuat, disebut Struktur Tidak Daktail. Penggunaan sistem struktur portal tidak daktail masih dianggap ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengah dengan ketinggian tingkat

antara 4 s/d 7 lantai, dan terletak pada wilayah dengan pengaruh kegempaan ringan sampai sedang.

- **Membuat struktur bangunan sedemikian rupa sehingga mempunyai batas kekuatan elastis yang hanya mampu menahan Gempa Sedang saja.**

Dengan demikian, struktur ini masih bersifat elastis pada saat terjadi Gempa Ringan atau Gempa Sedang. Pada saat terjadi Gempa Kuat, struktur bangunan harus dirancang agar mampu untuk berdeformasi secara plastis. Jika struktur mempunyai kemampuan untuk dapat berdeformasi plastis cukup besar, maka hal ini dapat mengurangi sebagian dari energi gempa yang masuk ke dalam struktur. Struktur bangunan yang didesain berperilaku plastis pada saat terjadi Gempa Kuat, disebut Struktur Duktail. Penggunaan sistem struktur portal duktail cukup ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengah sampai tinggi, yang dibangun pada wilayah dengan pengaruh kegempaan kuat.

4.2 Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*)

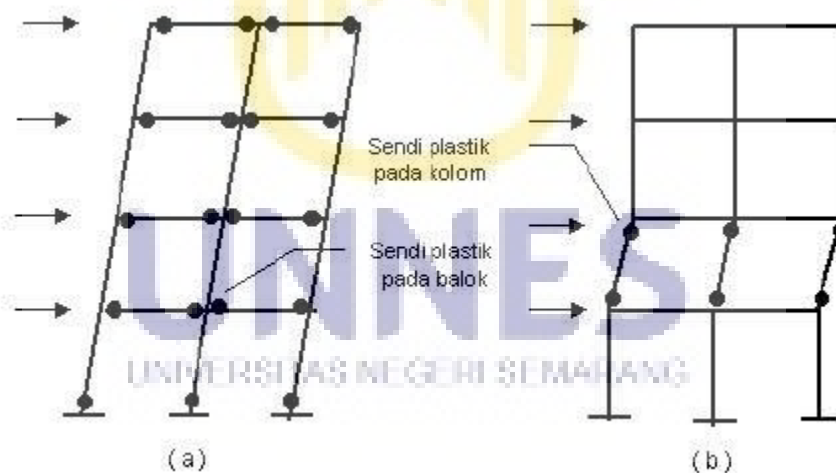
Dari penjelasan di atas, untuk mendapatkan struktur bangunan yang cukup ekonomis, tetapi tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi Gempa Kuat, maka sistem struktur harus direncanakan bersifat duktail. Untuk mendapatkan sistem struktur yang duktail, disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara Perencanaan Kapasitas. Pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini, elemen-elemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya (*Hanggoro, 2015*).

Sedangkan elemen-elemen lainnya, direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari terjadinya kerusakan. Pada struktur beton bertulang, tempat-tempat terjadinya deformasi plastis yaitu tempat-tempat dimana penulangan mengalami pelelehan, disebut daerah sendi plastis. Karena sendi-sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal akibat dilampauinya Beban Gempa Rencana dapat diatur tempatnya, maka mekanisme kerusakan yang terjadi tidak akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.

Karena pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini terlebih dahulu harus ditentukan tempat tempat di mana sendi-sendi plastis akan terbentuk, maka dalam hal ini perlu diketahui mekanisme leleh yang dapat terjadi pada sistem struktur portal. Dua jenis mekanisme leleh yang dapat terjadi pada struktur gedung akibat pembebanan gempa kuat, ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.

Kedua jenis mekanisme leleh atau terbentuknya sendi-sendi plastis pada struktur gedung adalah :

- Mekanisme Kelelahan Pada Balok (*Beam Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan dimana sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok dari struktur bangunan, akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat (*Strong Column–Weak Beam*).
- Mekanisme Kelelahan Pada Kolom (*Column Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan di mana sendi-sendi plastis terbentuk pada kolom-kolom dari struktur bangunan pada suatu tingkat, akibat penggunaan balok-balok yang kaku dan kuat (*Strong Coloum With Beam*)



Gambar 2.1 Mekanisme Leleh pada Struktur Gedung Akibat Beban Gempa

(a) Mekanisme Leleh pada Balok, (b) Mekanisme Leleh pada Kolom.

Pada perencanaan struktur daktail dengan metode Perencanaan Kapasitas, mekanisme kelelahan yang dipilih adalah Beam Sidesway Mechanism, karena alasan-alasan sebagai berikut :

- Pada *Column Sidesway Mechanism*, kegagalan dari kolom pada suatu tingkat akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.
- Pada struktur dengan kolom-kolom yang lemah dan balok-balok yang kuat (*Strong Beam-Weak Column*), deformasi akan terpusat pada tingkat-tingkat tertentu, sehingga daktilitas yang diperlukan oleh kolom agar dapat dicapai daktilitas dari struktur yang disyaratkan, sulit dipenuhi.

Kerusakan yang terjadi pada kolom-kolom bangunan, akan lebih sulit diperbaiki dibandingkan jika kerusakan terjadi pada balok. Jadi mekanisme kelelehen pada portal yang berupa *Beam Sidesway Mechanism*, merupakan keadaan keruntuhan struktur bangunan yang lebih terkontrol. Pemilihan perencanaan struktur bangunan dengan menggunakan mekanisme ini membawa konsekuensi bahwa kolom-kolom pada struktur bangunan harus direncanakan lebih kuat dari pada balok-balok struktur, sehingga dengan demikian sendi-sendi plastis akan terbentuk lebih dahulu pada balok. Karena hal tersebut di atas, maka dalam perencanaan portal daktil pada struktur bangunan tahan gempa, sering juga disebut perencanaan struktur dengan kondisi desain Kolom Kuat – Balok Lemah (*Strong Column-Weak Beam*), (Indarto, 2013)

4.3 Mendesain Balok

Schodek (1998) menjelaskan variabel utama dalam mendesain balok meliputi: bentang, jarak balok, jenis dan besar beban, jenis material, ukuran, dan bentuk penampang, serta cara penggabungan atau fabrikasi. Semakin banyak batasan desain, maka semakin mudah desain dilakukan. Setiap desain harus memenuhi kriteria kekuatan dan kekakuan untuk masalah keamanan dan kemampuan layan. Pendekatan desain untuk memenuhi kriteria ini sangat bergantung pada material yang dipilih, apakah menggunakan balok kayu, baja atau beton bertulang. Beberapa faktor yang merupakan prinsip-prinsip desain umum dalam perencanaan balok, yaitu:

- Kontrol kekuatan dan kekakuan
- Variasi besaran material

- Variasi bentuk balok pada seluruh panjangnya
- Variasi kondisi tumpuan dan kondisi batas

Prinsip desain praktis balok kayu dipengaruhi oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah sifat kayu yang mempunyai kemampuan untuk memikul tegangan besar dalam waktu singkat. Pada kondisi beban permanen, tegangan ijin perlu direduksi dengan faktor 0,90. Faktor beban angin adalah 1,33. Sedangkan beban normal mempunyai faktor 1,0.

Desain balok baja umumnya didesain berdasarkan beban kerja dan tegangan ijin. Balok yang digunakan bisa berupa penampang gilas (wide flens/sayap lebar), kanal, atau tersusun atas elemen-elemen (plat dan siku). Untuk bentang atau beban yang sangat besar, penampang girder plat yang tersusun dari elemen siku dan plat sering digunakan. Pada balok baja, apabila material balok mulai leleh pada saat dibebani, maka distribusi tegangan yang ada mulai berubah. Balok masih dapat menerima tambahan momen sampai semua bagian penampang telah meleleh.

Desain balok beton tidak dapat digunakan sendiri pada balok karena sangat kecilnya kekuatan tarik, dan karena sifatnya yang getas (brittle). Retak-retak yang timbul dapat berakibat gagalnya struktur, dimana hal ini dapat terjadi ketika balok beton mengalami lentur. Penambahan baja di dalam daerah tarik membentuk balok beton bertulang dapat meningkatkan kekuatan sekaligus daktilitasnya. Elemen struktur beton bertulang menggabungkan sifat yang dimiliki beton dan baja.

Pasal 9.3 SNI 2847:2013 menjelaskan kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari *SNI 2847:2013*, yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ .

Tabel 2.5 Faktor reduksi kekuatan harus seperti yang diberikan dalam poin 1 sampai 7

		ϕ
1	Penampang terkendali tarik	0,90
2	Penampang terkendali tekan	
	Komponen struktur dengan tulangan spiral	0,75
	Komponen struktur bertulang lainnya	0,65
3	Geser dan torsi	0,75
4	Tumpuan pada beton (kecuali untuk daerah angkur pasca tarik dan model strat dan pengait)	0,65
5	Daerah angkur pasca tarik	0,85
6	Model strat dan pengikat, dan strat, pengikat, daerah pertemuan (nodal), dan daerah tumpuan dalam model tersebut	0,75
7	Penampang lentur dalam komponen struktur pratarik dimana panjang strand kurang dari panjang penyaluran	
	Dari ujung komponen struktur ke ujung panjang transfer	0,75
	Dari ujung panjang transfer ke ujung panjang penyaluran ϕ boleh ditingkatkan secara linier dari	0,75 –i 0,9

4.4 Mendesain Kolom

Menurut *Schodek (1998)* Tujuan desain kolom secara umum adalah untuk memikul beban rencana dengan menggunakan seminimum mungkin material: atau alternatif lain, mencari desain yang memberikan kapasitas pikul-beban sebesar mungkin untuk sejumlah material yang ditentukan. Apabila fenomena tekuk masuk ke dalam desain, maka telah kita ketahui bahwa tidak seluruh kekuatan material dimanfaatkan. Elemen struktur kolom yang mempunyai nilai perbandingan antara panjang dan dimensi penampang melintangnya relatif kecil disebut kolom pendek. Kapasitas pikul-beban kolom pendek tidak tergantung pada panjang kolom dan bila mengalami beban berlebihan, maka kolom pendek pada umumnya akan gagal karena hancurnya material. Dengan demikian, kapasitas pikul-beban batas tergantung pada kekuatan material yang digunakan. Semakin panjang suatu elemen tekan, proporsi relatif elemen akan berubah hingga

mencapai keadaan yang disebut elemen langsing. Perilaku elemen langsing sangat berbeda dengan elemen tekan pendek. Perilaku elemen tekan panjang terhadap beban tekan adalah apabila bebannya kecil, elemen masih dapat mempertahankan bentuk.

Kekakuan elemen struktur sangat dipengaruhi oleh banyaknya material dan distribusinya. Pada elemen struktur persegi panjang, elemen struktur akan selalu menekuk. Namun bentuk berpenampang simetris (misalnya bujursangkar atau lingkaran) tidak mempunyai arah tekuk khusus seperti penampang segiempat. Ukuran distribusi material (bentuk dan ukuran penampang) dalam hal ini pada umumnya dapat dinyatakan dengan momen inersia (I).

4.5 Perencanaan Atap

Menurut *Agus Setiawan (2002)*, Atap merupakan bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada dibawahnya 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. Kontruksi 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. Beban-beban yang harus dipertimbangkan antara lain beban hidup yang berasal dari berat pekerja, beban mati yang berasal dari berat kuda-kuda dan beban angin.

5. PROSEDUR PENDESAINAN SISTEM PONDASI

Menurut *Indarto (2013)*, pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur, dan properti dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria desain pondasi.

Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah dari suatu struktur gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah, di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada besmen. Selanjutnya struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban gempa yang berasal dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia sendiri, gaya kinematik dan beban gempa yang berasal dari tanah sekelilingnya. Pada gedung tanpa besmen, taraf penjepitan lateral struktur atas dapat dianggap terjadi pada lantai dasar/muka tanah. Apabila penjepitan tidak sempurna dari struktur atas gedung pada struktur bawah diperhitungkan, maka struktur atas gedung tersebut harus diperhitungkan terhadap pengaruh deformasi lateral maupun rotasional dari struktur bawahnya.

Struktur bawah tidak boleh gagal dari struktur atas. Desain detail kekuatan (*strength*) struktur bawah harus memenuhi persyaratan beban gempa rencana berdasarkan kombinasi beban untuk metoda ultimit.

Analisis deformasi dan analisis lain seperti likuifaksi, rambatan gelombang, penurunan total dan diferensial, tekanan tanah lateral, deformasi tanah lateral, reduksi kuat geser, reduksi daya dukung akibat deformasi, reduksi daya dukung aksial dan lateral pondasi tiang, pengapungan (*flotation*) struktur bawah tanah, dan lain-lain, dapat dilakukan sesuai dengan persyaratan beban kerja (*working stress*) yang besarnya minimum sesuai dengan kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- *Struktur tipe tiang*

Jika konstruksi menggunakan tiang sebagai kolom yang dibenamkan dalam tanah atau dibenamkan dalam pondasi telapak beton dalam tanah digunakan untuk menahan beban lateral, kedalaman pembedakan yang disyaratkan untuk tiang untuk menahan gaya gempa harus ditentukan melalui kriteria desain yang disusun dalam laporan investigasi pondasi.

- *Pengikat pondasi*

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pier bor, atau kaisan harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau

tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen S_{DS} kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor per tiang atau kolom yang lebih besar kecuali jika ditunjukkan bahwa kekangan ekuivalen akan disediakan oleh balok beton bertulang dalam pelat di atas tanah atau pelat beton bertulang di atas tanah atau pengekangan oleh batu yang memenuhi syarat, tanah kohesif keras, tanah berbutir sangat padat, atau cara lainnya yang disetujui.

5.1 Syarat Pondasi pada Sebuah Bangunan

Agar pondasi dalam suatu bangunan kuat, maka pondasi harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Bentuk dan konstruksinya harus menunjukkan suatu konstruksi yang kokoh dan kuat untuk mendukung beban bangunan di atasnya
- Harus dibuat dari bahan yang tahan lama dan tidak mudah hancur, sehingga kerusakan pondasi tidak mendahului kerusakan bangunannya
- Tidak mudah terpengaruh oleh keadaan diluar pondasi, misalnya pengaruh air tanah dll.
- Harus terletak pada tanah dasar yang cukup kuat sehingga kedudukan pondasi stabil

5.2 Pemilihan Tipe atau Jenis Pondasi

- Hasil penyelidikan tanah, survey lapangan dan interpretasinya (interpretasi merupakan proses penafsiran suatu hasil percobaan)
- Besarnya beban statis atau dinamis yang bekerja dan batasan deformasi (Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada suatu struktur, bersifat tetap sedangkan Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur, bersifat tidak tetap untuk batasan deformasi disini ialah batasan deformasi pada struktur bangunan yang memiliki arti bahwa struktur bangunan itu tidak akan berubah bentuknya atau dapat kembali ke bentuk semula bila beban yang ia dapatkan tidak melebihi batasan deformasinya). Deformasi adalah perubahan bentuk suatu benda yang tidak dapat kembali lagi ke bentuk semula.

- Biaya konstruksi dan kemudahan pelaksanaan di lapangan (biaya konstruksi pada suatu daerah berbeda-beda tergantung mudah atau tidaknya tersedianya bahan yang akan digunakan).
- Pertimbangan tingkat resiko kegagalan pondasi selama rencana umur bangunan. (pengalaman suatu kontraktor)

Dalam mendesain pondasi harus ada keterlibatan perencana struktur dan ahli geoteknik. Idealnya data yang dipersiapkan terdiri dari : peta lokasi sondir, boring, dan hasil uji laboratorium untuk setiap sampel boring. Prosedur desain pondasi secara garis besar dapat dijabarkan sebagai berikut (Handout Pondasi 2)

5.3 Perhitungan Pile Cap

Pelat penutup tiang (pile cap) berfungsi untuk menyebarkan beban dari kolom ke tiang-tiang. Jumlah minimum tiang dalam satu pelat penutup tiang umumnya 3 tiang. Bila tiang hanya berjumlah 2 tiang dalam 1 kolom, maka pelat harus dihubungkan dengan balok sloof yang dihubungkan dengan kolom lain. Balok sloof dibuat yang melewati pusat berat tiang-tiang ke arah tegak lurus deretan tiang (tegak lurus pelat penutup tiang). Demikian pula, bila pelat penutup tiang hanya melayani satu tiang, maka dibutuhkan balok sloof yang menghubungkan ke kolom-kolom yang lain. Bila kolom dilayani hanya 1 tiang yang besar, maka bias tidak digunakan pelat penutup tiang.

Tebal pelat penutup tiang dipengaruhi tegangan geser ijin beton. Tegangan geser harus dihitung pada potongan terkritik. Momen lentur pada pelat penutup tiang harus dihitung dengan menganggap momen tersebut pada pusat tiang ke permukaan kolom terdekat. Bila kondisi memungkinkan, guna menanggulangi tegangan pada pelat penutup tiang yang terlalu besar, tiang-tiang sebaliknya dipasang dengan bentuk geometri yang baik. Bila beban sentris, tiang-tiang di dalam kelompoknya akan mendukung beban aksial yang sama. Dalam hitungan, tanah dibawah pelat penutup tiang dianggap tidak mendukung beban sama sekali.

Perancangan pelat penutup tiang dilakukan dengan anggapan sebagai berikut (Teng, 1962) :

- Pelat penutup tiang sangat kaku
- Ujung atas tiang menggantung pada pelat penutup tiang (pile cap). Karena itu tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh pelat penutup ke tiang.
- Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu deformasi dan distribusi tegangan membentuk bidang rata.

Untuk Tanah Non-Kohesif

1. End Bearing Piles Eg Diasumsikan 1,0
2. Floating Atau Friction Piles Eg Diasumsikan 1,0

Untuk Tanah Kohesif

Untuk Kondisi Jarak Antar Pile (Pusat Ke Pusat) $\geq 3.D$:

1. End Bearing Piles Eg Diasumsikan 1,0
2. Floating Atau Friction Piles $0,7 \leq Eg \leq 1,0$

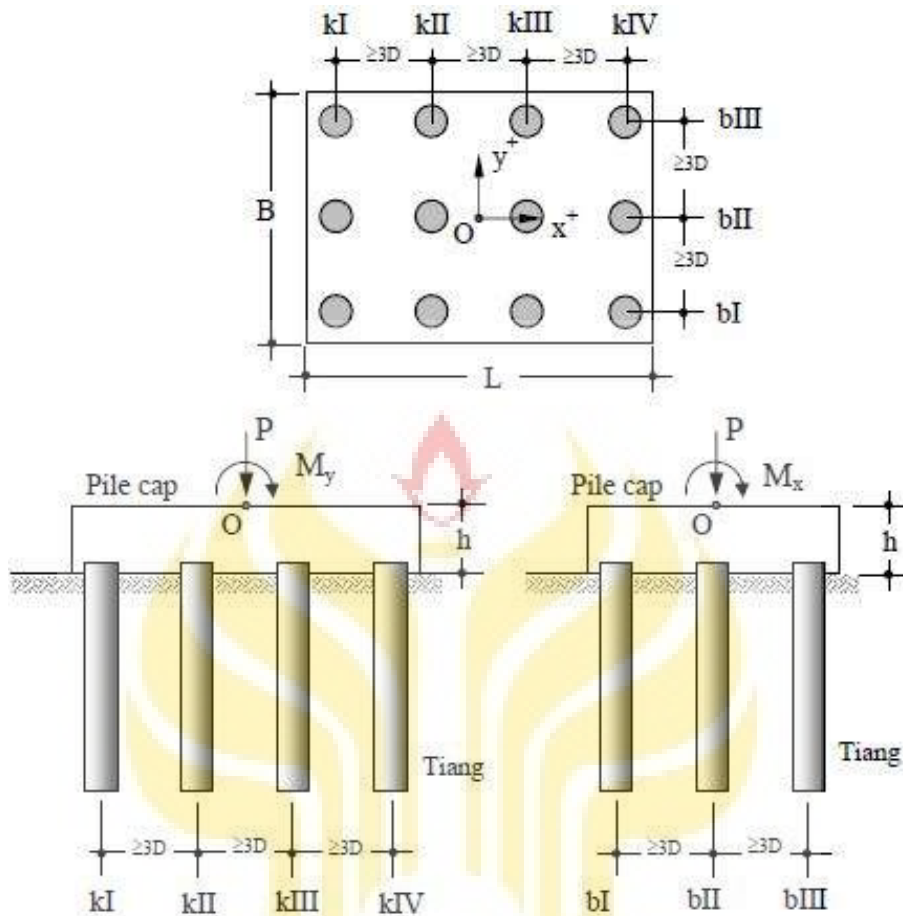
Nilai Eg Bertambah Linear Dari 0,7 Untuk $S=3d$ Hingga 1,0 Untuk $S=8d$.

Untuk Kondisi Jarak Antar Pile (Pusat Ke Pusat) $< 3.D$:

Kapasitas Pijin Dihitung Dengan Keruntuhan Blok $S_f=3$.

Distribusi Beban Struktur Atas Ke Kelompok Tiang

Beban Yang Didukung Oleh Tiang Ke-I (Q_i) Akibat Beban P , M_x Dan M_y Dalam Sebuah Pile Cap Adalah :



Gambar 2.2 Hitungan Reaksi Tiang

Sumber : *Hardiyatmo (2011)*

Jika momen yang bekerja dua arah yaitu arah sumbu x dan y, maka persamaan untuk menghitung tekanan aksial pada masing masing tiang adalah sebagai berikut :

$$Q_i = \frac{P_i}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y^2}$$

n = jumlah tiang dalam satu pile cap.

$\sum (x^2)$ = jumlah kuadrat jarak x terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

$\sum (y^2)$ = jumlah kuadrat jarak y terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

X_i = jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu x.

Y_i = jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu y.

5.4 Perhitungan Struktur Bawah

Pengikat fondasi

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pier bor, atau kaison harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen SDS kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar.

Persyaratan pengangkutan tiang

Desain pengangkutan tiang ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memperhitungkan pengaruh gaya aksial terkombinasi akibat gaya ke atas dan momen lentur akibat penjepitan pada pur (*pile-cap*) tiang. Untuk tiang yang disyaratkan untuk menahan gaya ke atas atau menyediakan kekangan rotasi, pengangkutan ke dalam pur (*pile-cap*) tiang harus memenuhi hal berikut ini:

Dalam kasus gaya ke atas, pengangkutan harus mampu mengembangkan kekuatan sebesar yang terkecil di antara kuat tarik nominal tulangan longitudinal dalam tiang beton, atau kuat tarik nominal tiang baja, atau 1,3 kali tahanan cabut tiang, atau gaya tarik aksial yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih. Tahanan cabut tiang harus diambil sebagai gaya friksi atau lekatan ultimat yang dapat disalurkan antara tanah dan tiang ditambah dengan berat tiang dan pile-cap.

Dalam kasus kekangan rotasi, pengangkutan harus didesain untuk menahan gaya aksial dan geser dan momen yang dihasilkan dari pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih atau harus mampu mengembangkan kuat nominal aksial, lentur, dan geser penuh dari tiang. Tulangan untuk tiang beton tanpa pembungkus (kategori desain seismik D sampai F)

Tulangan harus disediakan bila disyaratkan oleh analisis. Untuk tiang beton bor cor setempat tanpa pembungkus, minimum empat batang tulangan longitudinal dengan rasio tulangan longitudinal minimum 0,005 dan tulangan pengekangan transversal sesuai dengan tata cara yang berlaku harus disediakan sepanjang panjang tiang bertulangan minimum seperti didefinisikan di bawah mulai dari ujung atas tiang. Tulangan longitudinal harus menerus melewati panjang tiang bertulangan minimum dengan panjang penyaluran tarik.

Panjang tiang bertulangan minimum harus diambil yang lebih besar dari :

- Setengah panjang tiang.
- Sejarak 3 m.
- Tiga kali diameter tiang.
- Panjang lentur tiang, di mana harus diambil sebagai panjang dari sisi bawah penutup tiang.

Sampai suatu titik di mana momen retak penampang beton dikalikan dengan faktor tahanan 0,4 melebihi momen terfaktor perlu di titik tersebut. Sebagai tambahan, untuk tiang yang berlokasi dalam kelas situs *SE* atau *SF*, tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti dijelaskan di atas, harus menerus sepanjang tiang.

Bila tulangan transversal disyaratkan, pengikat tulangan transversal harus minimum batang tulangan ulir D10 untuk tiang sampai dengan diameter 500 mm dan batang tulangan ulir D13 untuk tiang dengan diameter lebih besar. Tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti didefinisikan diatas, juga harus menerus dengan minimum tujuh kali diameter tiang diatas dan dibawah permukaan kontak lapisan lempung teguh, lunak sampai setengah teguh atau lapisan yang dapat mencair (*liquefiable*) kecuali tulangan transversal tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum harus diijinkan untuk menggunakan rasio tulangan spiral transversal dengan tidak kurang dari setengah yang disyaratkan dalam tata cara yang berlaku. Spasi penulangan transversal yang tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum diijinkan untuk ditingkatkan, seperti yang dijelaskan oleh *Ardiyanto (2015)* tetapi harus tidak melebihi dari yang terkecil dari berikut ini:

- 12 diameter batang tulangan longitudinal.
- Setengah diameter tiang.
- 300 mm.

BAB III

PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR

1. TAHAP PERSIAPAN

1.1. Perubahan Pembebanan Struktur Gedung

Dalam perancangan struktur harus berpedoman pada peraturan yang berlaku. Perancangan struktur bangunan gedung Pasar Batang yang telah dirancang sebelumnya sudah menggunakan peraturan terbaru yaitu *SNI 2847-2013* Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan, Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung *SNI 1726-2012*, serta *SNI 2847-2013* Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

Sedangkan untuk redesain Bangunan Gedung Pasar Batang untuk pembebanan ditambahkan beban berupa tangga berjalan, penambahan beban pada dak lantai 2 untuk area parkir kendaraan bermotor, dan beban angin yang semuanya telah sesuai dengan peraturan terbaru *SNI 2847-2013*.

1.2. Beban Mati dan Hidup SNI Pembebanan 2013

Menurut *SNI 1727-2013* Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Sedangkan beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Jenis Pembebanan	Beban Mati SNI 2013
Baja	Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya,
Beton Bertulang	
Kayu	

Kerikil	dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak berwenang
Adukan per cm tebal	
Dinding pasangan bata merah	
Penutup lantai per cm tebal	

Tabel 3.1 Beban Mati SNI 2013

Jenis Pembebanan	Beban Hidup SNI 2013
Rumah tinggal	192 kg/m ²
Kantor	240 kg/m ²
Ruang pertemuan	479 kg/m ²

Tabel 3.2 Distribusi Beban Hidup SNI 2013

1.3. Nilai Parameter Reduksi Kekuatan dan Kombinasi Pembebanan SNI Beton 2013

Menurut *SNI 2847_2013* tentang Persyaratan Beton Struktural, kekuatan desain yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangnya, sehubungan dengan lentur, beban normal, geser, dan torsi, harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi, yang diakalikan dengan faktor reduksi kekuatan ϕ .

$\phi - 2013$

Penampang terkendali tarik 0,90

Penampang terkendali tekan:

- Struktur tulangan spiral 0,75
- Struktur bertulang lainnya 0,65

Geser dan torsi 0,75

Tabel 3.3 Parameter Reduksi Kekuatan ϕ SNI 2013

Kombinasi Pembebanan SNI 2013

$$U = 1,4 D$$

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

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

$$U = 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 E + 1,0 L$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

Tabel 3.4 Kombinasi pembebanan SNI 2013

1.4. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur SNI 1727-2013

Kategori risiko untuk bangunan Pasar Batang dengan penggunaan dan pemanfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur dikategorikan sebagai kategori II. Sebuah kategorisasi bangunan dan struktur lainnya untuk penentuan beban angin berdasarkan risiko yang terkait dengan kinerja yang tidak dapat diterima.

Kecepatan angin dasar V , yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari instansi yang berwenang, sesuai dengan kategori risiko bangunan gedung dan struktur. Angin harus diasumsikan datang dari segala arah *horizontal*. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum 25 m/s sebesar dan untuk tekanan tiup ditepi laut hingga 5 km dari

pantai harus diambil minimum 40 m/s . Berikut adalah parameter untuk menentukan beban angin :

1.4.1. Faktor Arah Angin K_d

Faktor Arah Angin harus ditentukan menurut tipe struktur bangunan atap, dengan stuktur atap dengan tipe atap Lengkung, Faktor Arah Angin K_d adalah 0,85. (*faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan*)

1.4.2. Kategori Eksposur

Menurut kategori eksposur pada Bangunan Gedung Pasar dapat digolongkan tipe kategori eksposur B, dimana ditinjau dari daerah sekitar berdirinya Bangunan Pasar adalah ditengah kota. Dan untuk bangunan dengan tinggi rata-rata lebih besar dari 30 ft ($9,1 \text{ m}$), eksposur B berlaku bila mana daerah bangunan berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600 ft (792 m), atau 20 kali tinggi bangunan (*pilih yang terbesar*).

1.4.3. Faktor Topografi

Karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan maka $K_{zt} = 1,0$.

1.4.4. Faktor Efek Tiupan Angin

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

1.4.5. Klasifikasi Ketertutupan

Bangunan Gedung Pasar Batang merupakan sebuah bangunan terbuka dengan memiliki dinding setidaknya 80% terbuka. Dalam wilayah bangunan dimana kecepatan angin dasar adalah sama dengan atau lebih besar dari 140 mi/h (63 m/s).

1.4.6. Koefisien Tekanan Internal

Berdasarkan kategori eksposur yang telah ditentukan, koefisien eksposur tekanan velositas K_z atau K_{zt} sebagaimana yang berlaku, total tinggi Bangunan Gedung Pasar adalah $22,6 \text{ m}$ ($z = 80 \text{ ft}$) termasuk tinggi kuda-kuda rangka atap. Koefisien eksposur tekanan velositas K_z

Untuk $15 \text{ ft} \leq z \leq z_g \rightarrow K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g}\right)^{2/\alpha}$

Dimana $\alpha = 7,0$ dan $Z_g = 365,76 \text{ m}$

$$K_z = 2,01 \cdot \left(\frac{22,6}{365,76}\right)^{2/7}$$

$$K_z = 2,01 \cdot 0,447$$

$$K_z = 0,9$$

1.4.7. Tekanan Velositas, (q_z dievaluasi pada ketinggian z)

Dimana $K_z = 0,9$ (*koefisien eksposur tekanan velositas*)

$K_{zt} = 1,0$ (*faktor topografi*)

$K_d = 0,85$ (*faktor arah angin*)

$V = 40 \text{ m/s}$ (*kecepatan angin*)

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$q_z = 0,613 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 40^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$q_z = 750,4 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Untuk bangunan kaku, faktor efek tiupan angin harus diambil sebesar 0,85 atau dihitung dengan rumus :

$$- L_z = \ell \left(\frac{z}{10}\right)^\epsilon$$

$$- Q = \sqrt{\frac{1}{1+0,63 \left(\frac{B+h}{L_z}\right)^{0,63}}}$$

$$- I_z = c \left(\frac{10}{z}\right)^{1/6}$$

$$- G = 0,925 \left(\frac{1+1,7 g Q I_z Q}{1+1,7 g_y I_z}\right)$$

1.4.8. Koefisien Tekanan Eksternal C_N (Bangunan Terbuka)

- Nilai C_N menunjukkan tekanan neto (kontribusi dari permukaan atas dan bawah) setengah dari permukaan atap untuk sisi angin datang dan sisi angin pergi.

Sudut Atap	Kasus	Arah Angin,
------------	-------	-------------

θ	Beban	$y = 0^0, 180^0$	
		Aliran Angin tidak Terhalang	
		CNW	CNL
22,5 ⁰	A	1,1	0,1
	B	-0,1	-0,8
30 ⁰	A	1,3	0,3
	B	-0,1	-0,9
37,5 ⁰	A	1,3	0,6
	B	-0,2	-0,6
45 ⁰	A	1,1	0,9
	B	-0,3	-0,5

Tabel 3.5 Koefisien Tekanan Eksternal C_N

1.4.9. Hitung Tekanan Angin, p untuk Permukaan Bangunan Gedung Kaku

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung dari semua ketinggian ditentukan dengan persamaan berikut :

$$p = q \cdot GC_N \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Dimana $q = q_z = q_i = 750,4 \text{ (N/m}^2\text{)}$

$$G = 0,85$$

$$C_N \text{ diambil } 1,3 \text{ (Section 2)}$$

$$p = q \cdot GC_N \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$p = 750,4 \cdot 0,85 \cdot 1,3 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$p = 829,2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$p = 84,58 \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Tekanan angin pada daerah Bangunan Gedung Pasar Batang $p = 829,2 \text{ (N/m}^2\text{)}$

Struktur atap kuda-kuda pada Bangunan Gedung Pasar Batang memiliki bentang 48 m dengan tinggi 12 m, atap lengkung memiliki lubang pada ketinggian 10,5 m berjarak 1,5 m pada tinggi maksimal atap. Struktur atap kuda-kuda baja tinggi maksimal 12 m tetapi pada mengaplikasikan untuk beban angin diambil pada ketinggian 10,5 m. Tekanan angin dengan C_N 1,3 (Section 2) pada

wilayah Bangunan Gedung Pasar Batang adalah $829,2 (N/m^2)$, atau $84,58 (kg/m^2)$.

1.5 Perencanaan kuda-kuda

1.5.1. Beban Mati (D)

Berat dari semua bagian dari suatu struktur atap yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisah dari struktur atap. Yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen seperti berat sendiri, berat gording dan penutup atap (*metal roof*). Dalam analisis, semua beban diatas dijadikan beban terpusat.

Dalam Peraturan SNI 1729-2015 Baja, beban mati atap ditetapkan $50 kg/m^2$, sudah berikut penutup atap, gording, dan kaso. Jarak antar kuda-kuda adalah 6 m, beban minimum dipikul oleh kuda-kuda yang berada di tengah bentang, yang secara total menahan beban sepanjang 6 m per satuan lebar. Maka beban atap yang telah diketahui dikonversikan menjadi beban garis kemudian beban mati tersebut dikonservasikan menjadi beban titik yang letaknya pada join atas batang vertikal.

1.5.2. Beban Hidup (L)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu struktur, khusus pada atap ke dalam beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air dan beban yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan beban bergerak.

Beban orang yang merupakan beban hidup menurut SNI 1729-2015 Baja adalah sebesar $100 kg/m^2$, yang diletakan di joint rangka atap searah dengan arah sumbu global (arah gravitasi)

1.6 Pembebanan Escalator

Pada Bangunan Gedung Pasar Batang selain beban angin yang ditinjau, pembebanan pada *Escalator* juga harus diperhitungkan. Daya dukung struktur penahan beban harus lebih besar dari beban *Escalator*, adanya penambahan

struktur kolom dan balok pada bagian struktur guna untuk penyangga pada bagian ujung *Escalator*, kekakuan struktur penahan beban *Escalator* sangat bergantung pada penambahan struktur kolom dan balok. *Escalator* yang digunakan pada Bangunan Gedung Pasar Batang adalah produksi *Misubishi Electric Escalators Series Z For USA* tepatnya menggunakan type S24”.

Berikut data-data dan spesifikasi untuk *Escalator* type S24” (6m) :

- a. Lebar nominal : 600 mm (30°)
- b. Kapasitas : 4500 orang/jam
- c. Kecepatan : 30 m/menit
- d. Sudut kemiringan : 30°
- e. Sumber listrik : AC 60/50 Hz, 200 – 400 V
- f. Motor : 3 Fasa (motor induksi)
- g. Sistem operasi : Dengan switch/tombol tekan

Perhitungan Reaksi Beban berlaku pada balok dititik A (RA) dan beban dititik B (RB) yang terdapat pada **Gambar 3.1**

Dimana Jarak TG = 14400 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak LL} &= \text{TG} + 250 \\ &= 14400 + 250 \quad \text{LL} = 14650 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak TK} = 1990 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak TJ} = 2595 \text{ mm}$$

$$\alpha = 3,51 \text{ (N/mm)} \quad \text{(Lihat Tabel 2.1)}$$

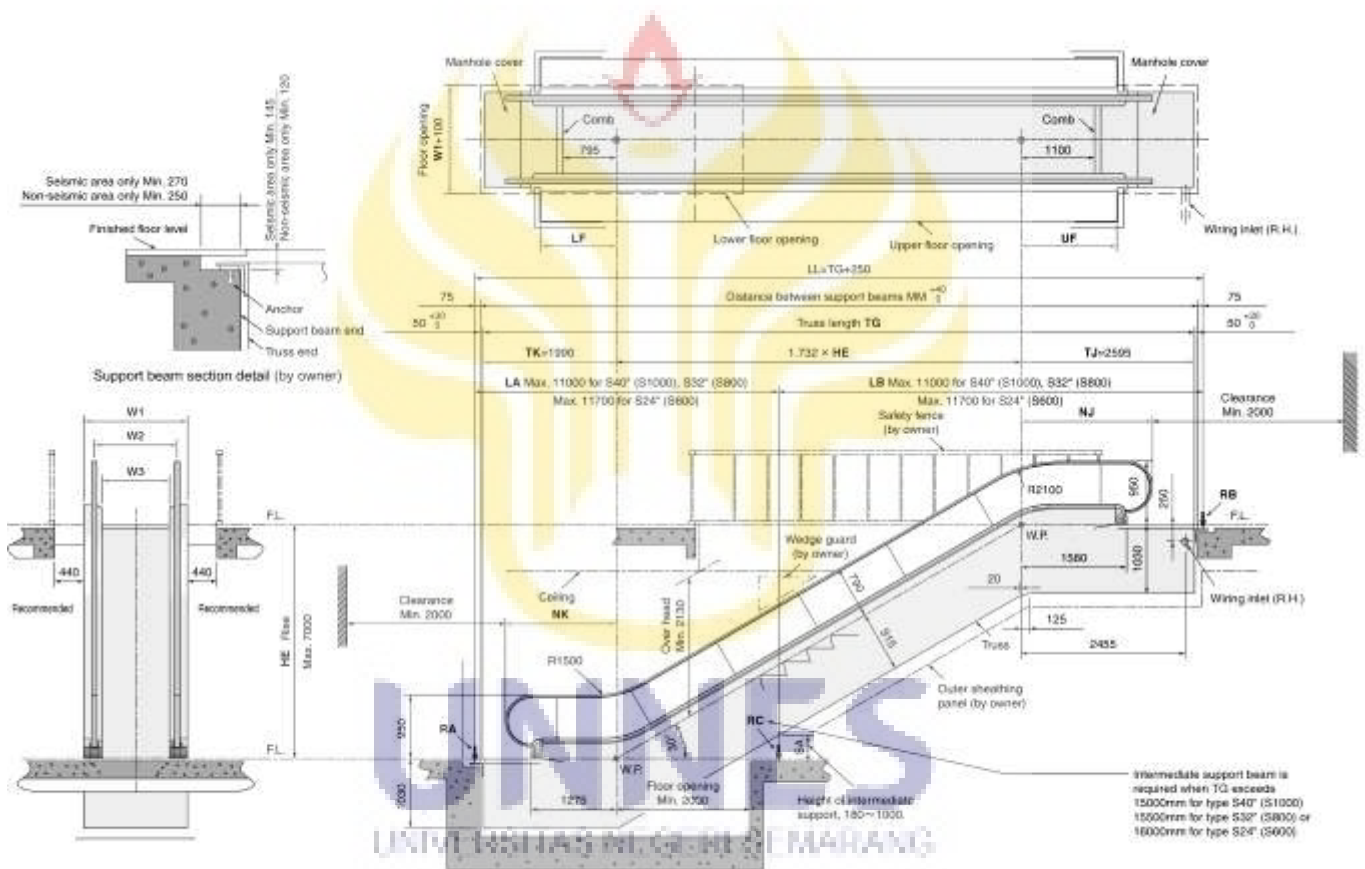
$$W_1 = 1150 \quad \text{(Lihat Tabel 2.3)}$$

Tanpa dukungan balok tengah pada titik RA dan titik RB, menggunakan rumus :

$$\text{➤ } RA = \alpha \cdot LL + \frac{4220 \cdot (LL - TK + 1141) + 12000 \cdot (TJ - 1435)}{LL}$$

$$\text{➤ } RB = \alpha \cdot LL + \frac{4220 \cdot (TK - 1141) + 12000 \cdot (LL - TJ + 1435)}{LL}$$

Dalam pengadaan Escalator harus ditinjau dari beban hidup dan beban mati pada Escalator. Pada tumpuan Escalator dibagi menjadi 2 tumpuan yaitu tumpuan RA dan RB. Struktur penahan berada dititik tengah mesin Escalator dengan penyangga kolom untuk menambah kekakuan struktur Escalator, beban dibagi lebar Escalator agar beban yang ditimbulkan adalah beban merata untuk Escalator.



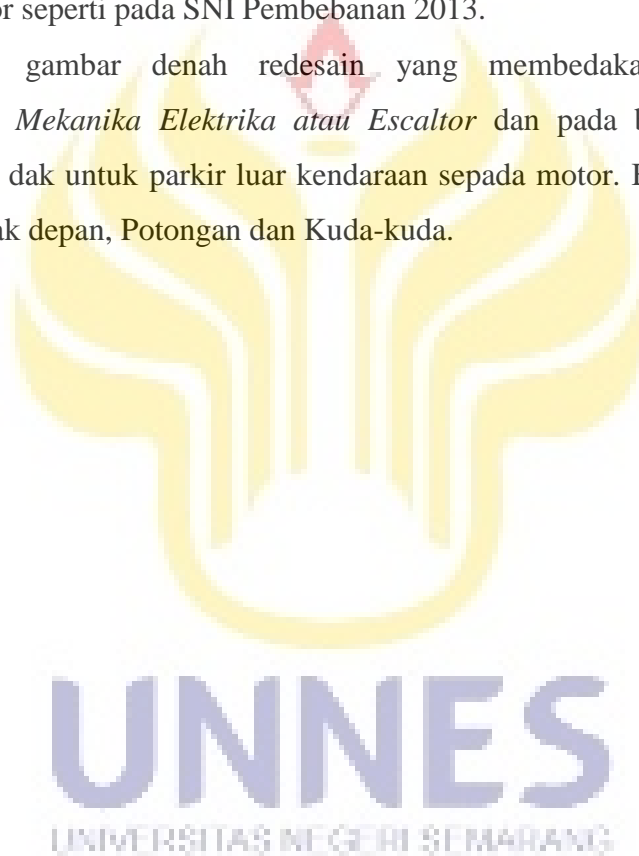
Gambar 3.1 Contoh Escalator

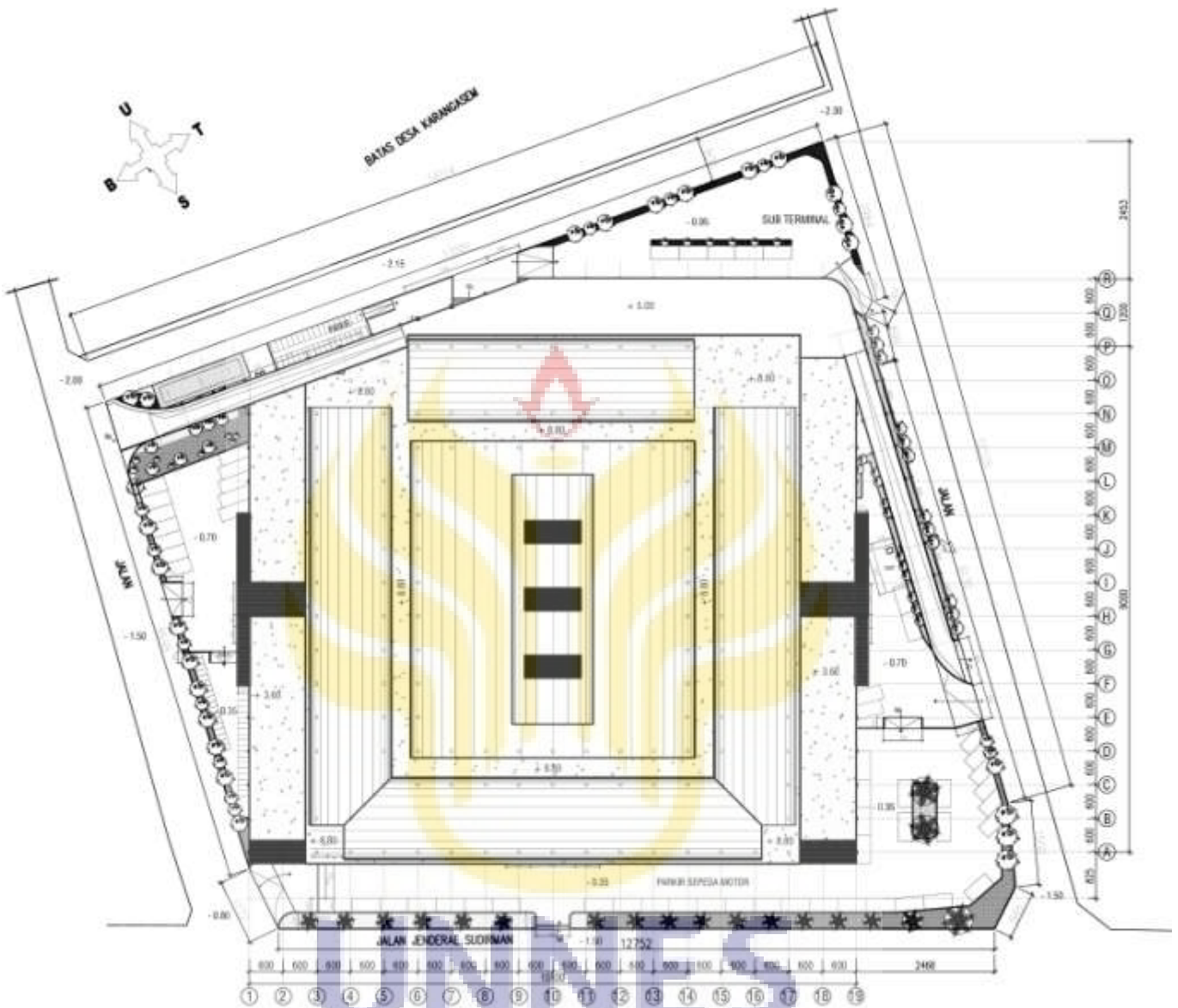
2. TAHAP PENGUMPULAN DATA DESAIN DAN REDESAIN

2.1. Pengumpulan Gambar Denah, Tampak, Potongan dan Kuda-kuda

Data-data untuk meredesain Bangunan Gedung Pasar yang terletak di Kota Batang Jawa Tengah diperoleh dari PT. Pola Dwipa perencanaan. Ada beberapa data gambar desain Bangunan Pasar Kab. Batang yang diperoleh dari PT. Pola Dwipa Semarang, data gambar Denah , Tampak, Potongan dan Kuda-kuda. Data ini diperlukan guna untuk membuat denah struktur redesain dan menentukan posisi koridor seperti pada SNI Pembebanan 2013.

Pada gambar denah redesain yang membedakan adalah adanya penambahan *Mekanika Elektrika atau Escaltor* dan pada bagian luar adanya penambahan dak untuk parkir luar kendaraan sepeda motor. Berikut gambar Site plan , Tampak depan, Potongan dan Kuda-kuda.

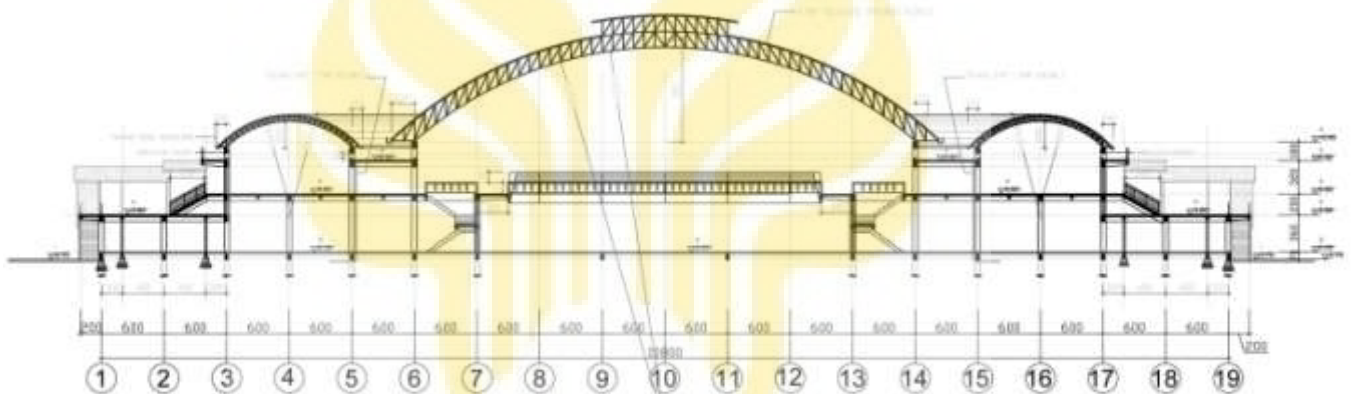




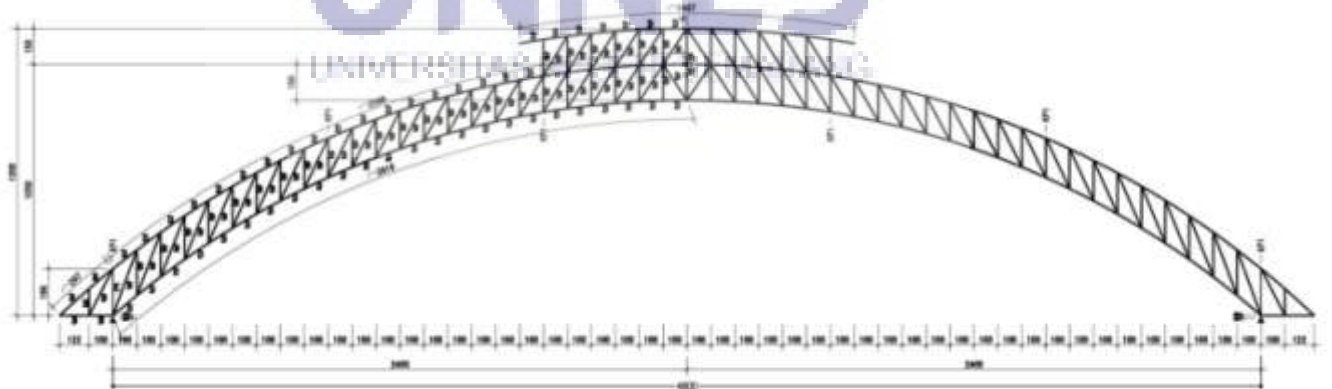
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Gambar 3.2 Site Plan Pasar Kab. Batang



Gambar 3.3 Tampak Depan Bangunan Pasar Batang



Gambar 3.4 Potongan Bangunan Pasar Batang



Gambar 3.5 Kuda-kuda

2.2. Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah

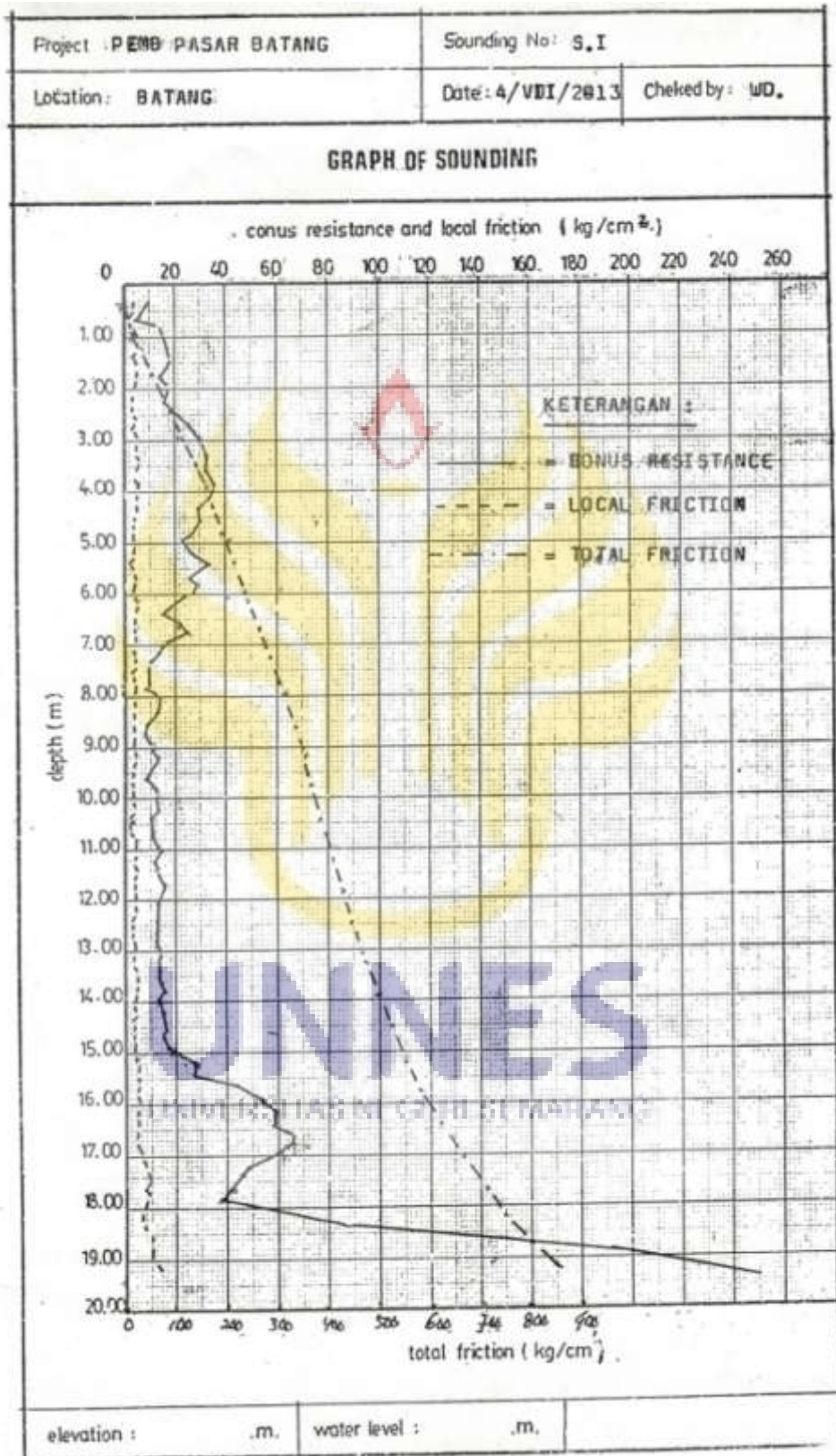
Pekerjaan penyelidikan tanah yang telah dilaksanakan diwilayah rencana pembangunan Gedung Pasar Batang dilaksanakan oleh Lab. Mekanika Tanah Program D3 Teknik Sipil UNDIP Semarang terdiri dari :

- 1) Pekerjaan Lapangan
 - a) Pengeboran berdasarkan daerah rencana pembangunan Gedung sebanyak 3 titik dengan total kedalaman 18 meter.
 - b) Pengujian *Standard Penetration Test* dengan interval 2 meter sebanyak 10 kali.
 - c) Alat berat Sondir Boring
- 2) Pekerjaan Laboratorium
 - a) Pengolahan data sondir, berupa penggambaran grafik sondir.
 - b) Uji Laboratorium terhadap sampel tanah yang diambil.

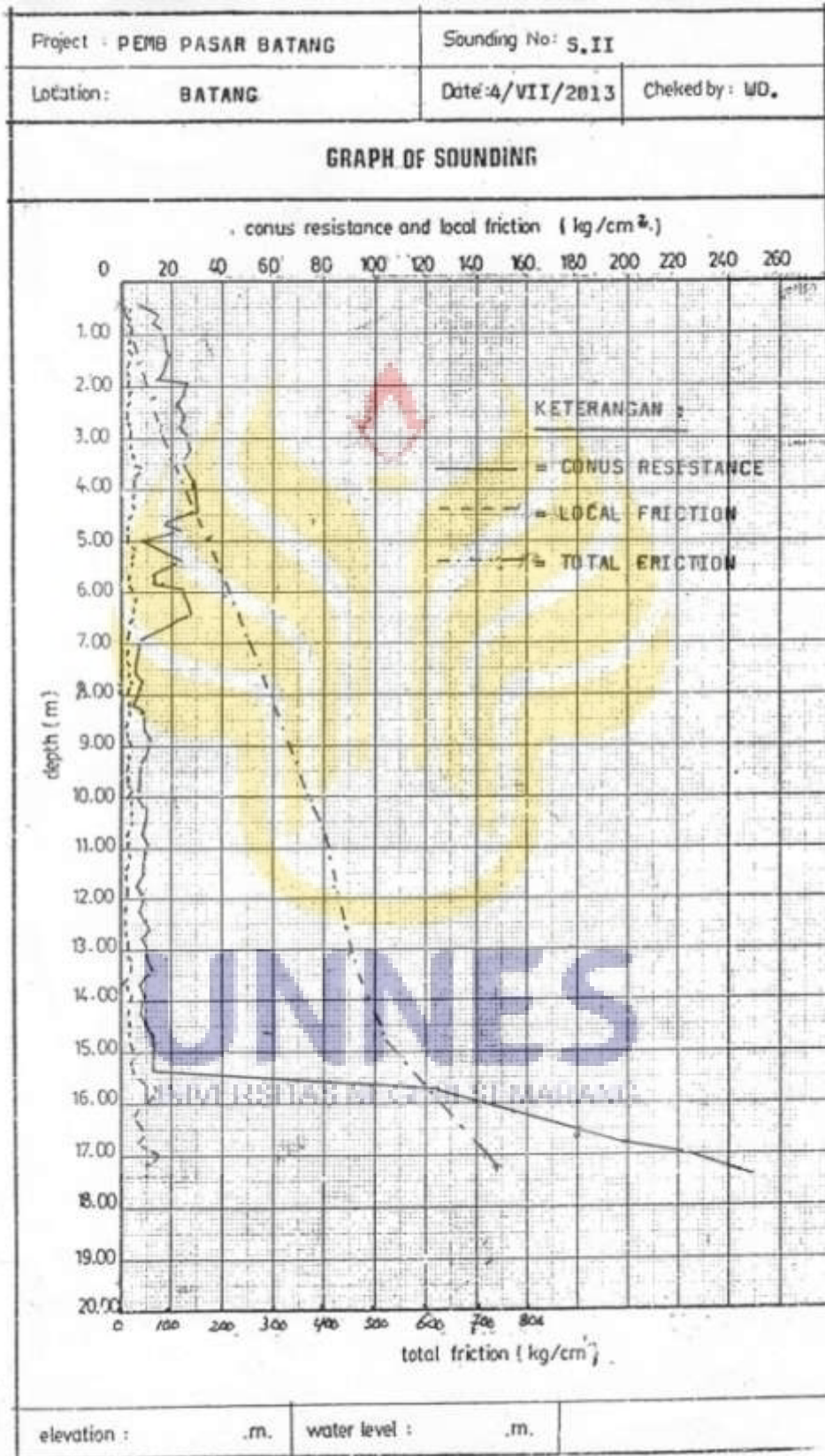
Adapun pekerjaan yang dipergunakan dalam pekerjaan penyelidikan tanah ini terdiri dari satu unit mesin bor beserta perlengkapannya. Pelaksanaan penyelidikan tanah lokasi ini dilakukan pada tanggal 4 July 2013.

Pada lokasi secara umum didapatkan hasil pengujian tanah sebagian besar adalah tanah lunak dengan nilai $q_c < 250 \text{ kg/cm}^2$. Hasil penyelidikan tanah yang telah dilaksanakan terdiri dari :

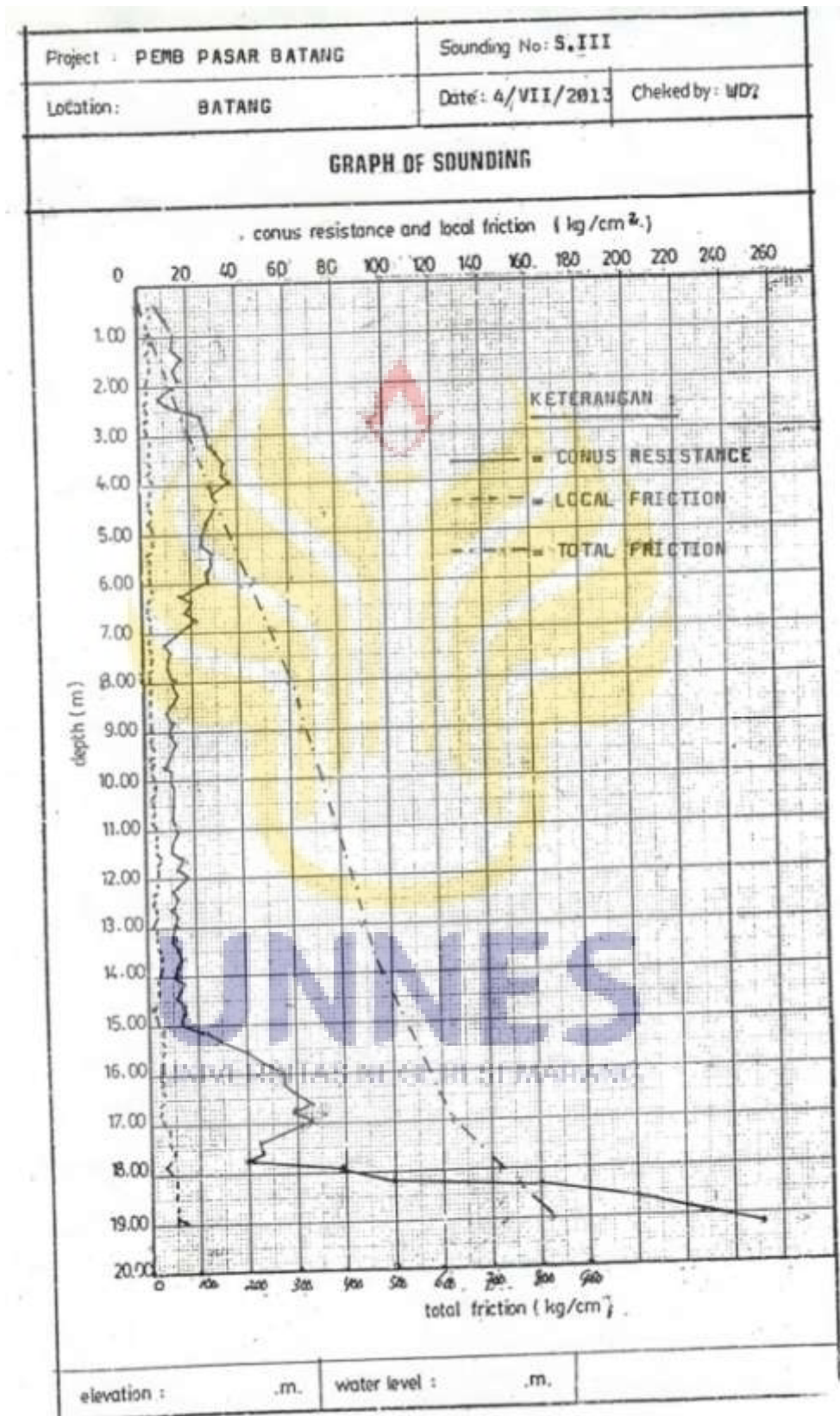
Dalam hasil pengujian sondir yang telah dilaksanakan diketahui bahwa macam lapisan tanah yang ada dilokasi adalah macam tanah lunak. Dibuktikan dari hasil sondir dengan menggunakan sondir berat sebanyak tiga titik, diketahui bahwa pada titik sondir S.I tanah keras pada kedalaman 19 meter dengan nilai konus (q_c pada gambar) 250 kg/cm^2 dan 215 kg/cm^2 (q_c baca). Pada titik sondir S.II tanah keras dijumpai pada kedalaman 17 meter dengan nilai konus (q_c pada gambar) 250 kg/cm^2 dan 143 kg/cm^2 (q_c baca). Dan pada titik sondir S.III tanah keras dijumpai pada kedalaman 19 meter dengan nilai konus (q_c pada gambar) 250 kg/cm^2 dan 347 kg/cm^2 (q_c baca).



Gambar 3.6 Grafik Sondir S.I



Gambar 3.7 Grafik Sondir S.II



Gambar 3.8 Grafik Sondir S.III

2.3. Pengumpulan Gambar Struktur Eksisting

Struktur atas dimodelkan sebagai open frame yang dirancang sebagai sistem rangka pemikul momen. Sistem struktur ini pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Pelat pada struktur gedung ini dimodelkan dengan elemen *shell* sehingga beban yang bekerja dalam per m^2 . Metode tributari area untuk membagi beban pelat ke balok tidak lagi dilakukan karena telah didistribusikan elemen *shell* ke elemen *frame*. Sedangkan pada struktur bawah, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang mini. Tiang mini didesain sebagai *end-bearing piles* dengan kedalaman tanah keras ($q_c > 250 \text{ kg/cm}^2$) tercapai pada elevasi -18.00 meter dari muka tanah asli setempat.

Beberapa aspek yang dipertimbangkan dalam pemilihan sistem struktur ini yaitu :

- Persyaratan terhadap peraturan yang ada
- Kondisi wilayah gempa
- Kondisi lokasi dan lingkungan sekitar bangunan
- Fungsi bangunan yang direncanakan
- Pertimbangan umur rencana bangunan

Material utama yang digunakan pada struktur gedung ini adalah material beton bertulang. Elemen-elemen dari struktur beton bersifat monolit, sehingga struktur ini mempunyai perilaku yang baik di dalam memikul beban gempa. Sebagai material struktur, beton bertulang memiliki kelemahan :

- Terjadinya pengurangan kekuatan dan kekakuan akibat beban berulang. Sifat daktail dari beton didapat dengan memasang tulangan tulangan baja yang cukup pada elemen-elemen struktur beton, sehingga dalam perancangan struktur beton bertulang tahan gempa, perlu diperhatikan adanya detail penulangan yang baik dan benar.
- Pada struktur gedung beton bertulang, hubungan balok-kolom (*beam column joint*) merupakan satu-satunya pemegang peran agar sistem pengekangan terhadap *free rotations of beam* tidak akan terjadi. Sistem

pengekangan akan terjadi dengan baik jika balok, joint dan kolom merupakan satu kesatuan yang monolit dan kaku.

Adapun elevasi setiap lantai pada bangunan adalah :

Tinggi lantai 1 ke lantai 2 Selasar = 3,60 meter
Tinggi lantai 1 ke lantai Ramp = 5,00 meter
Tinggi lantai 1 ke lantai 2 Pasar = 5,60 meter
Tinggi lantai 2 Pasar ke Lt. Dak = 3,20 meter
Tinggi total bangunan = 10,60 meter

1. Peraturan Yang Digunakan

- Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI-03-2847-2002
- Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, SNI.1727.1989-F
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Bangunan, SNI 1726:2012

2. Jenis Material

Tabel 3.6 Beton

Berat jenis beton bertulang adalah 2400 kg/cm^3 . Mutu Beton (f_c') adalah berdasarkan kekuatan silinder tekan umur 28 hari.

Elemen	Mutu
Struktur atas	K-250 ($f_c' = 21,15 \text{ MPa}$)
Struktur bawah	K-250 ($f_c' = 21,15 \text{ MPa}$)
Minipiles Beton Pratekan	K-500 ($f_c' = 42,30 \text{ MPa}$)

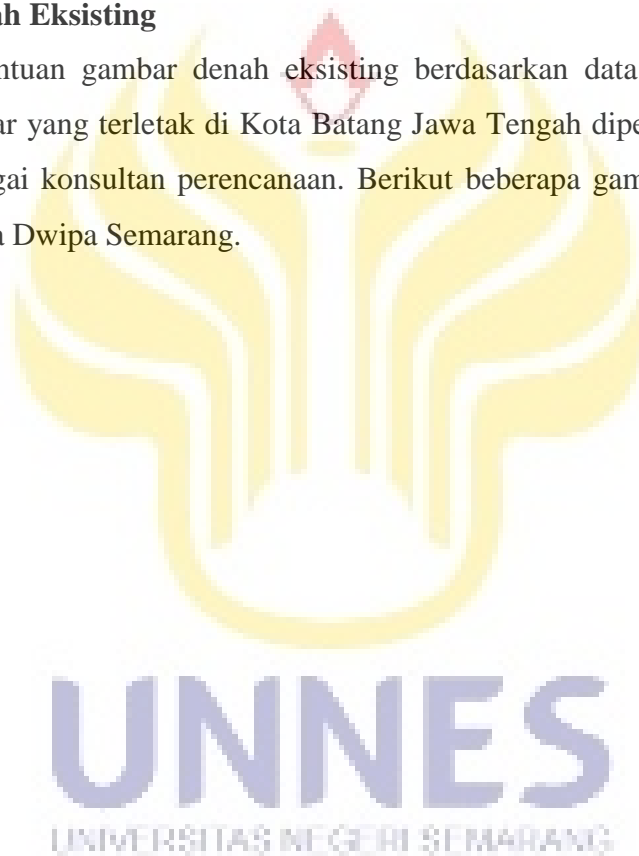
Tabel 3.7 Tulangan

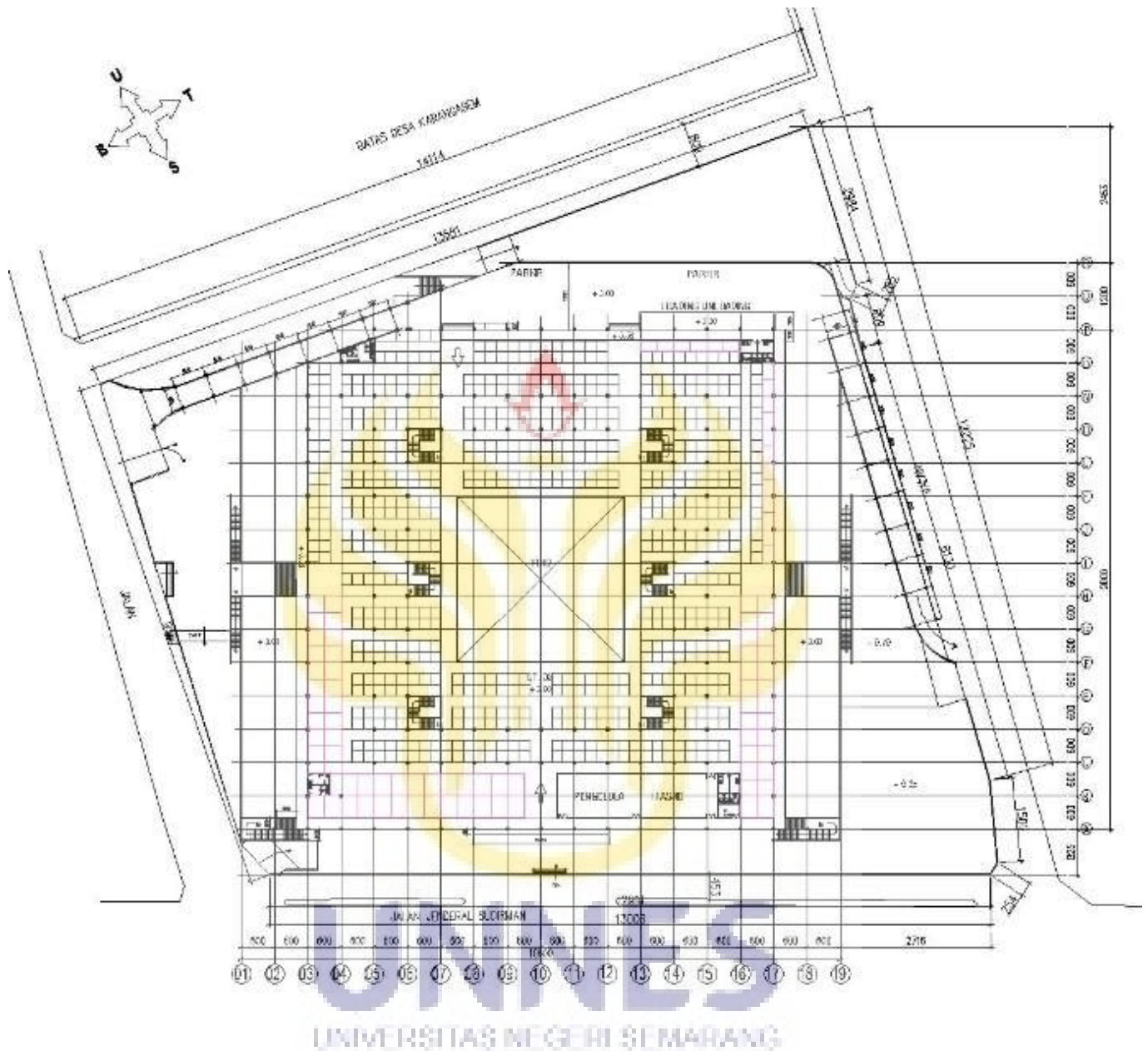
Elemen	Mutu	Tegangan Leleh
Tulangan Ulir (D)	BJTD 39 (Deformed)	$f_y = 390 \text{ MPa}$
Tulangan Polos (\varnothing)	BJTP 24 (Undeformed)	$f_y = 240 \text{ MPa}$

3. ANALISIS DATA GAMBAR DENAH EKSISTING DAN REDESAIN

3.1. Denah Eksisting

Penentuan gambar denah eksisting berdasarkan data gambar Bangunan Gedung Pasar yang terletak di Kota Batang Jawa Tengah diperoleh dari PT. Pola Dwipa sebagai konsultan perencanaan. Berikut beberapa gambar yang diperoleh dari PT. Pola Dwipa Semarang.





Gambar 3.9 Denah Eksisting

3.2. Denah Redesain



Pada struktur Bangunan Pasar Batang, terdapat penambahan struktur kaku dimana untuk menambah kekuatan struktur yang diberi tambahan beban dak untuk parkir motor dan adanya penambahan *beban mekanikal elektrik*al yaitu tangga berjalan, sesuai dengan permintaan Pemkab Batang. Berikut gambar denah redesain penambahan dak parkir, tangga dan tangga berjalan.

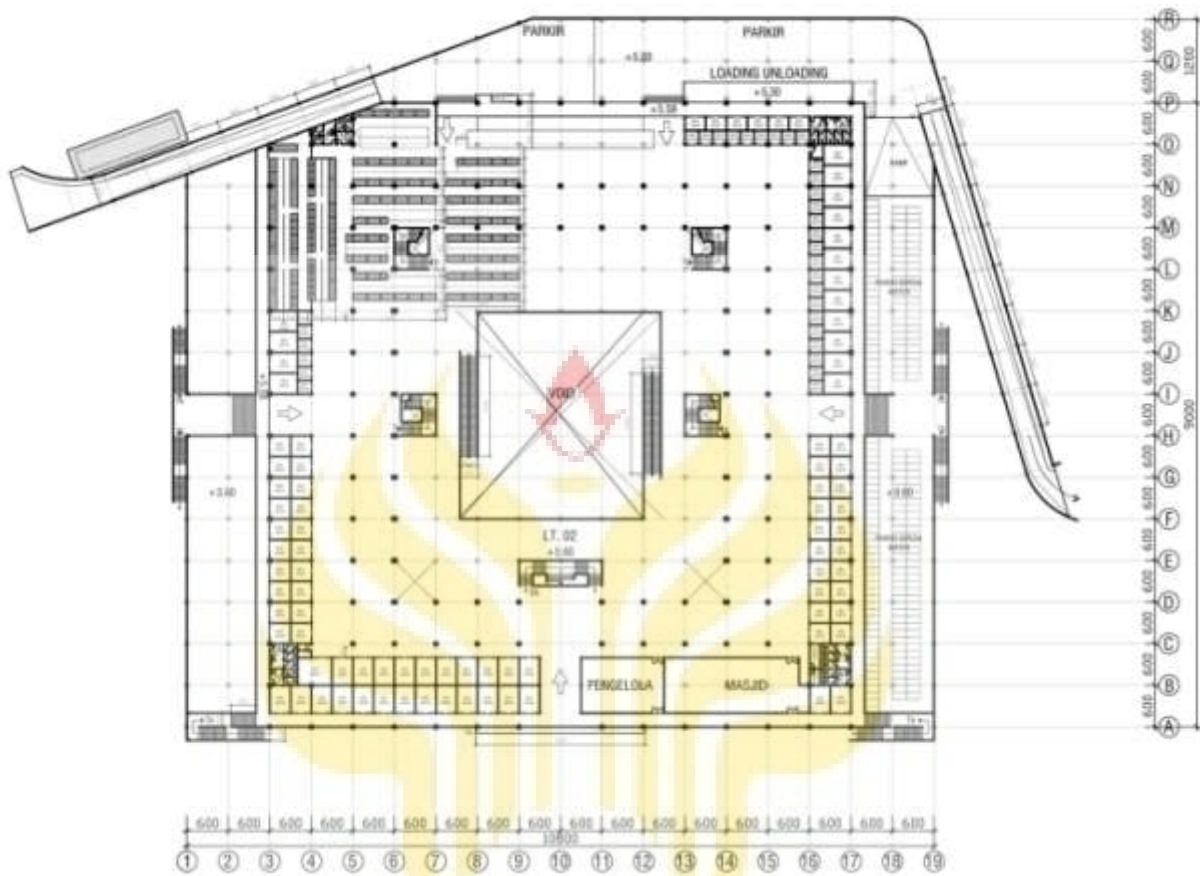
Gambar Redesain Keyplan Struktur lihat lampiran





Gambar 3.10 Denah Lt.1 Redesain

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 3.11 Denah Lt.2 Redesain



4. PENENTUAN BEBAN MATI DAN HIDUP

4.1. Beban Mati dan Hidup Struktur Eksisting

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Berat dari elemen-elemen ini pada umumnya dapat ditentukan dengan mudah dengan derajat ketelitian cukup tinggi. Untuk

menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen.

Beton bertulang	= 2400 kg/m ³
Tanah	= 1700 – 2000 kg/m ³

Berat dari beberapa komponen bangunan dapat ditentukan sebagai berikut :

Plafon dan penggantung	= 20 kg/m ²
Adukan/spesi lantai per cm tebal	= 21 kg/m ²
Penutup lantai/keramik per cm tebal	= 24 kg/m ²
Dinding pasangan bata setengah batu	= 250 kg/m ²

Diatas roof terdapat beban sbb :

Roof Tank dengan berat dari spesifikasi desain ME

Roof Garden

Beban hidup adalah beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup. Yang termasuk ke dalam beban penggunaan adalah berat manusia, perabot, barang yang disimpan, dan sebagainya. Beban yang diakibatkan oleh air hujan, juga termasuk ke dalam beban hidup. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau, bergerak. 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 :

Perkantoran / sekolah / toko / hotel/Pasar	= 250 kg/m ²
Koridor, tangga / bordes	= 300 kg/m ²
R.Pertemuan / Mushola	= 400 kg/m ²
R. Panggung dengan penonton berdiri	= 500 kg/m ²
Koridor, tangga / bordes	= 500 kg/m ²

Beban Arsip/Gudang/perpus ditentukan sendiri min.	= 400 kg/m ²
Parkir untuk lantai bawah	= 800 kg/m ²
Parkir untuk lantai tingkat lainnya	= 400 kg/m ²
Beban R. Mesin ditentukan sendiri min.	= 400 kg/m ²

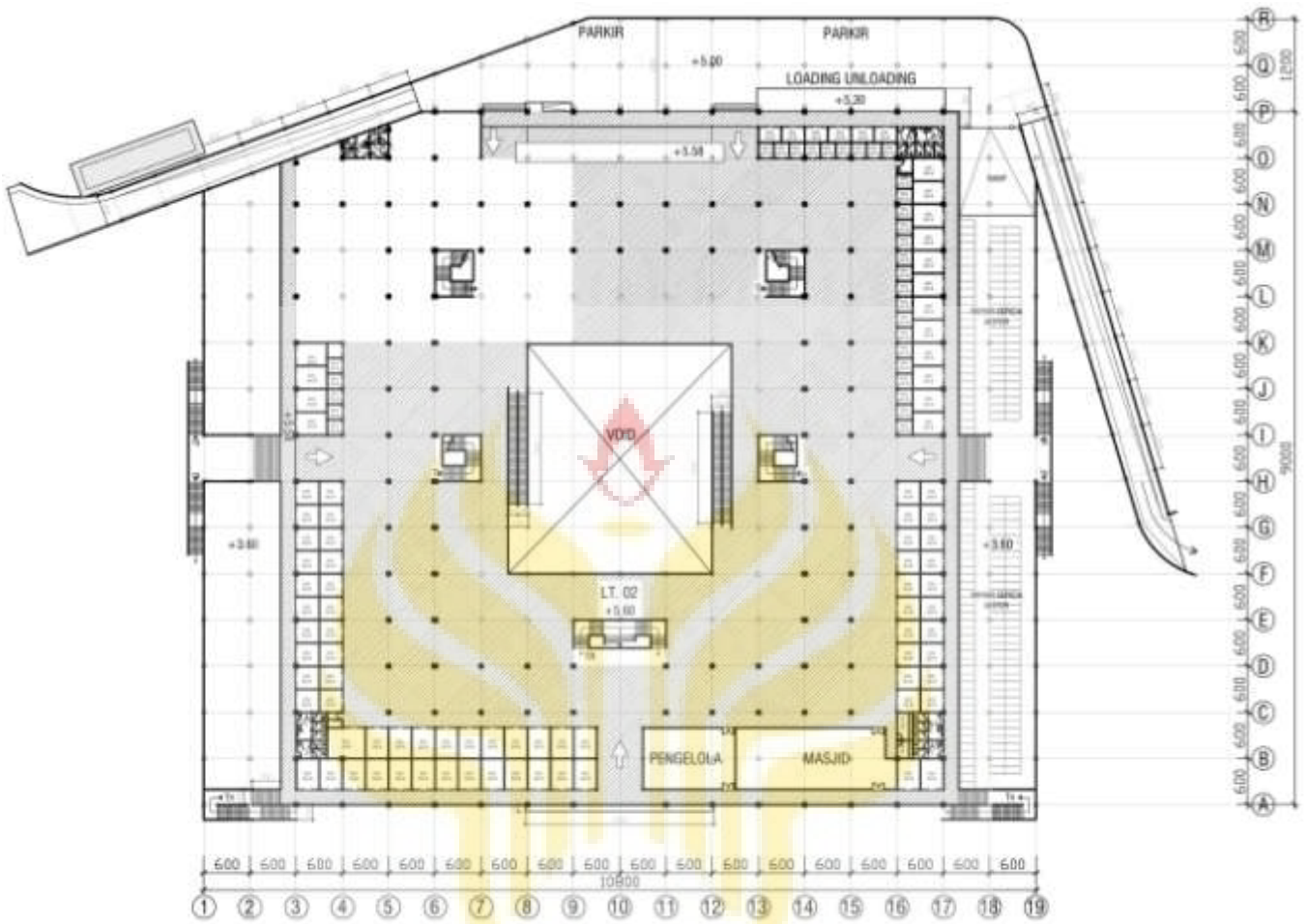
4.2. Beban Mati dan Hidup Struktur Redesain

Beban mati pada struktur redesain pada dasarnya memiliki beban yang sama pada struktur eksisting karena nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang dimana nilai beban mati tersebut telah ditetapkan pada struktur eksisting.

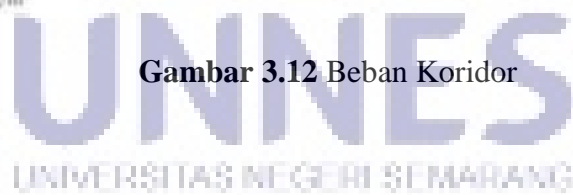
Penambahan tangga berjalan dimasukkan dalam beban mati sebagai beban terdistribusi titik RB yaitu dilantai 2 dan pada titik RA yaitu pada lantai dasar.

Untuk beban hidup pada struktur redesain adalah sebagai berikut:

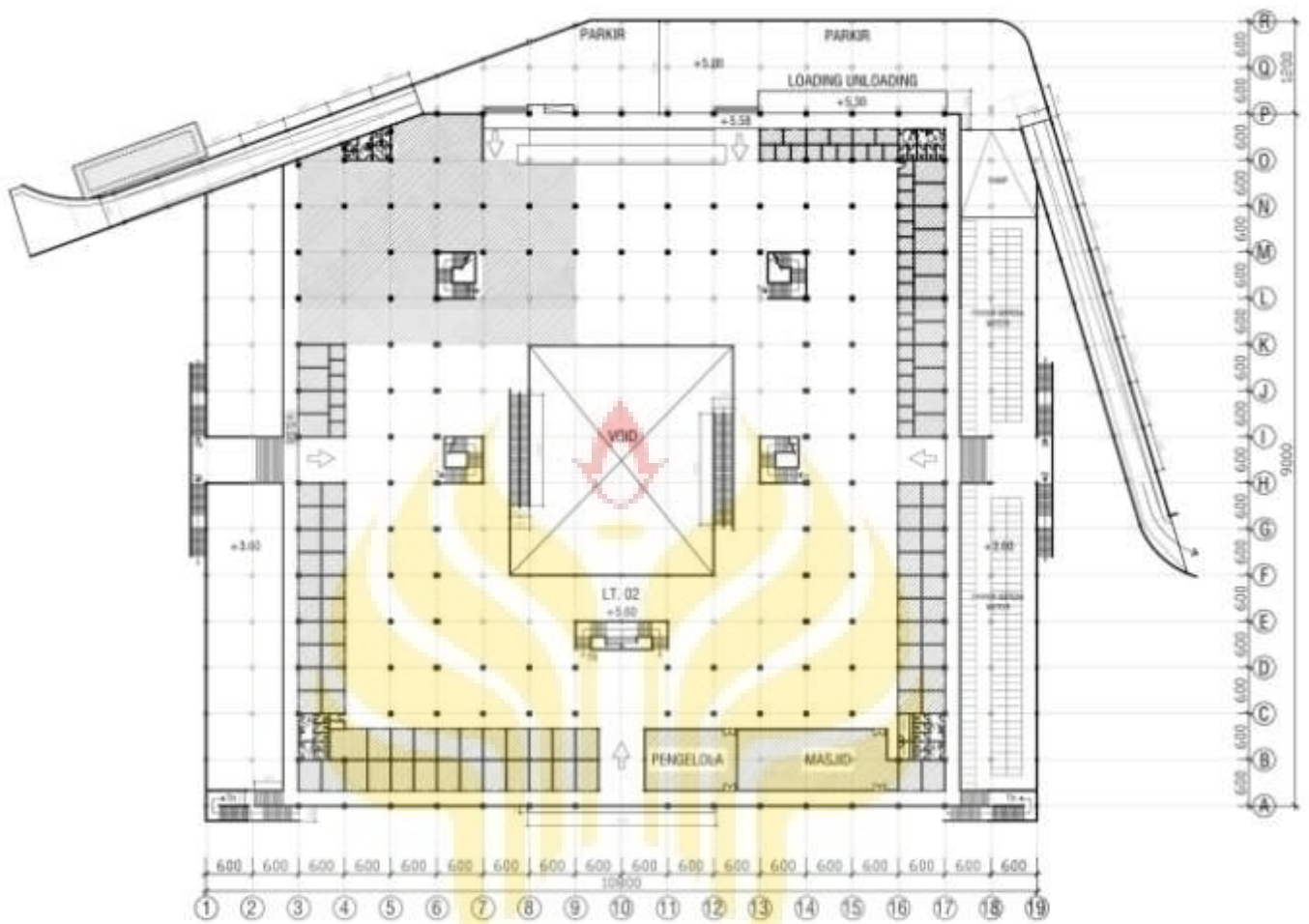
- Beban hidup koridor untuk pasar pada lantai 2 dan seterusnya : 400 kg/m²
- Beban hidup pada kios untuk berjualan untuk lantai 1 : 600 kg/m²
- Beban hidup pada kios untuk berjualan untuk lantai 2 : 360 kg/m²
- Beban hidup untuk dak parkir dan ramp : 400 kg/m²
- Beban hidup untuk load dan unload barang : 800 kg/m²
- Beban angin pada atap lengkung : 38,4 kg/m²
- Beban mati : 150 kg/m²



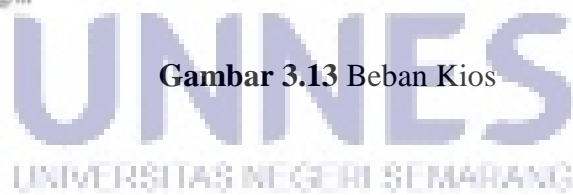
BEBAN KORIDOR
 BEBAN HIDUP = 360 kg/m²
 BEBAN MATI = 150 kg/m²



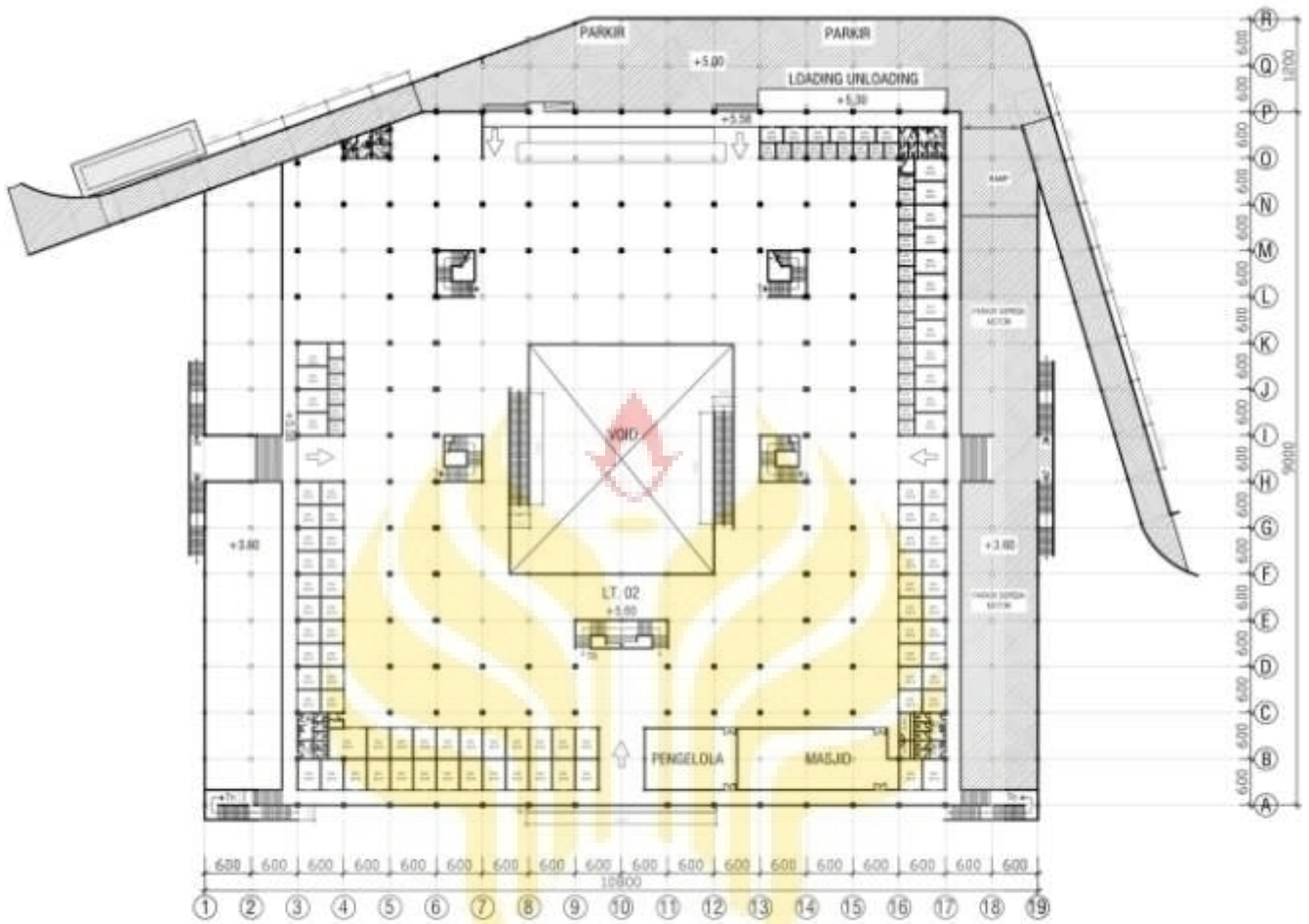
Gambar 3.12 Beban Koridor



BEBAN KIOS
BEBAN HIDUP = 600 kg/m²
BEBAN MATI = 150 kg/m²



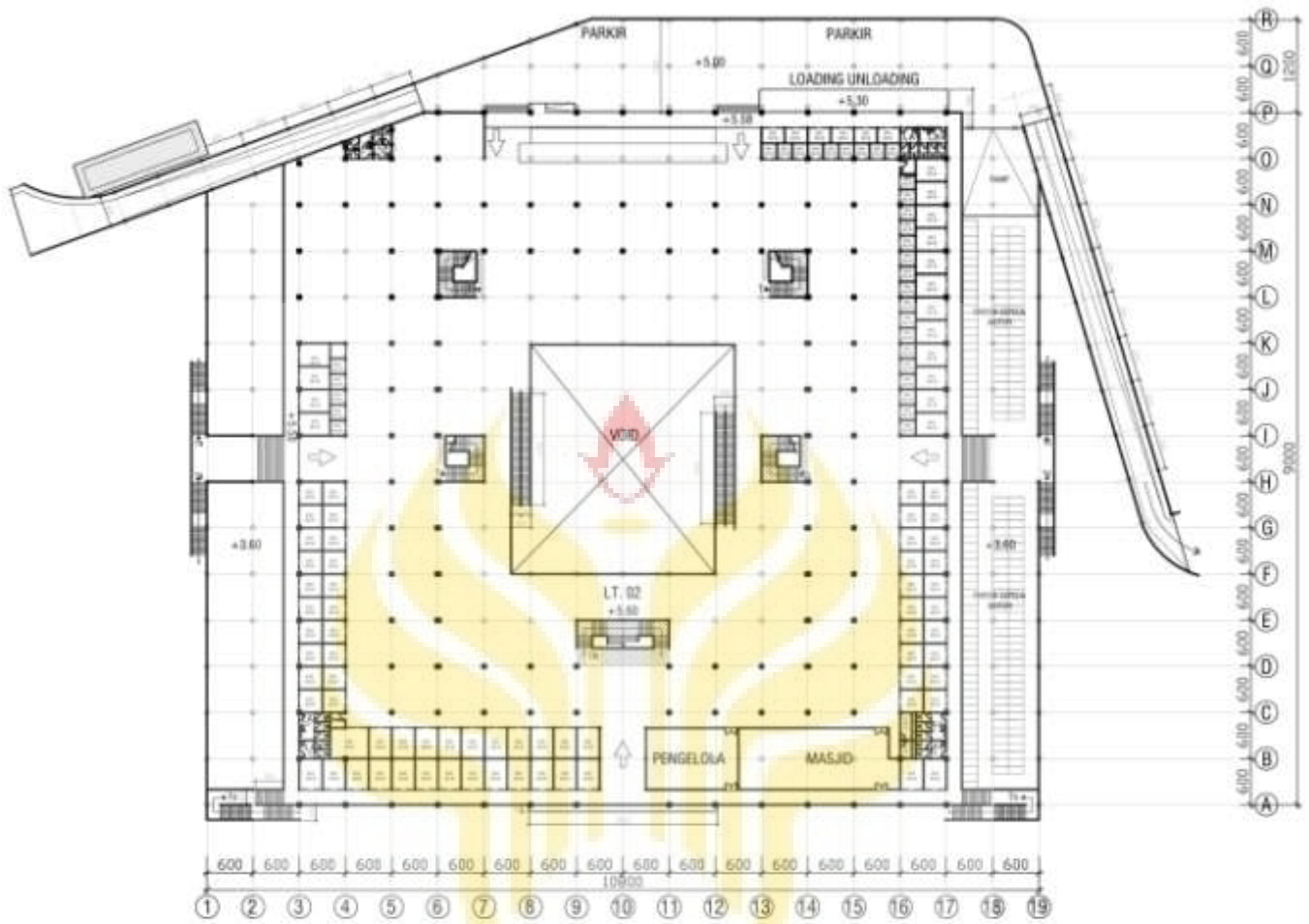
Gambar 3.13 Beban Kios



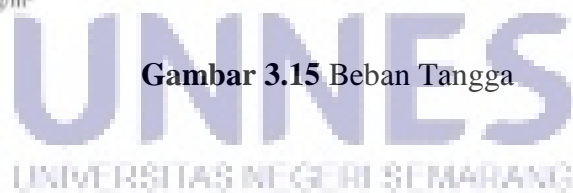
BEBAN DAK
 BEBAN HIDUP = 400 kg/m²
 BEBAN MATI = 150 kg/m²

UNNES
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

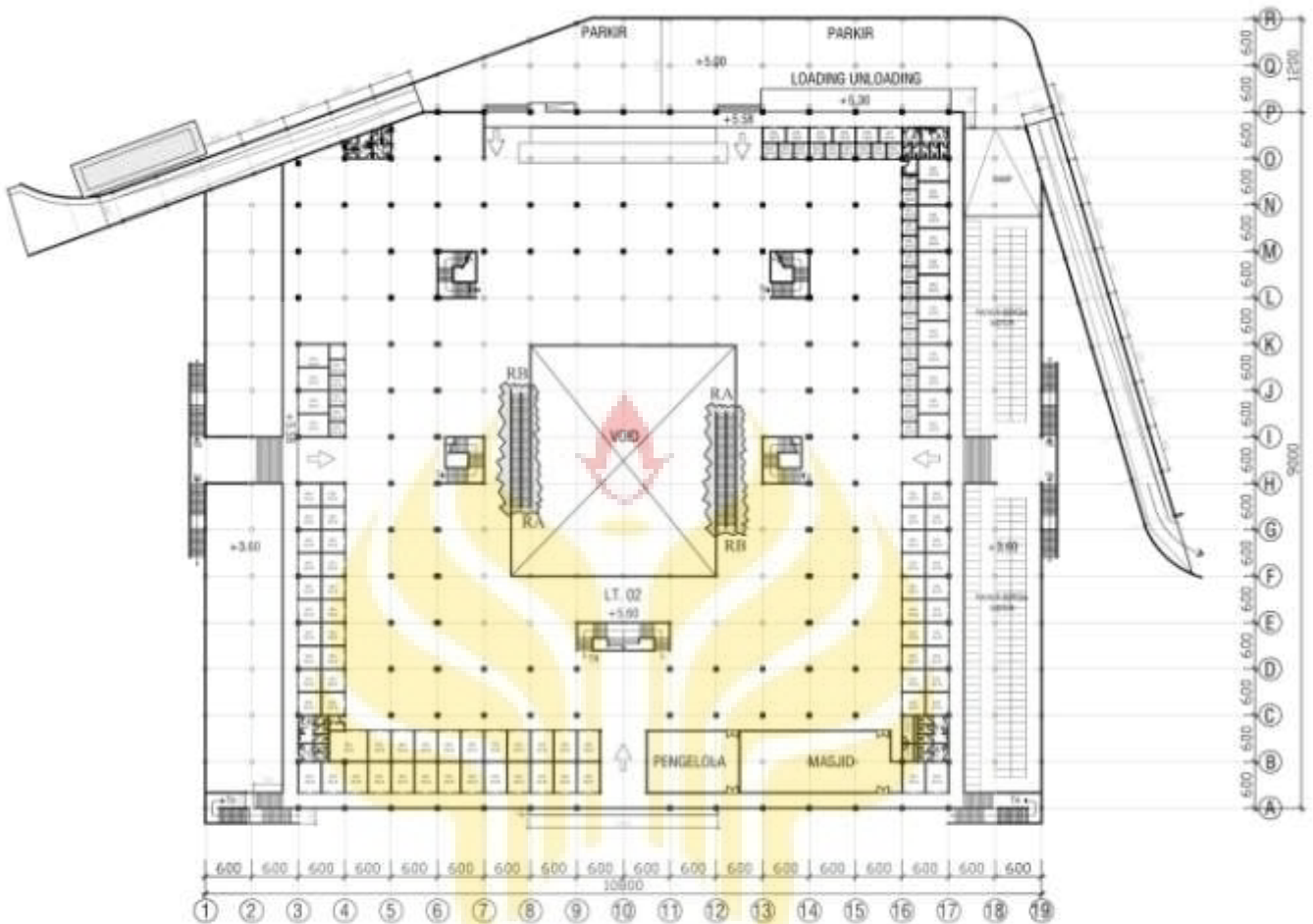
Gambar 3.14 Beban Dak



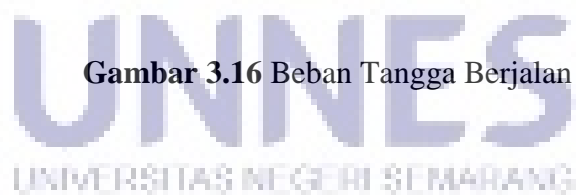
BEBAN TANGGA
 BEBAN HIDUP = 360 kg/m²
 BEBAN MATI = 150 kg/m²



Gambar 3.15 Beban Tangga



BEBAN TANGGA BERJALAN
BEBAN RA = 56347,11 N
BEBAN RB = 62715,9 N



Gambar 3.16 Beban Tangga Berjalan

5. PENENTUAN BEBAN SEMENTARA GEMPA

5.1. SNI Gempa 2012

- Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV) dan Faaktor Keutamaan (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai **Tabel 3.8** pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut **Tabel 3.9**.

Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah rusun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak 	III

<ul style="list-style-type: none"> - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk kedalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk, antara lain :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadaman kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV.</p>	<p>IV</p>

Tabel 3.8 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 3.9 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Berdasarkan dari **Tabel 3.8** untuk gedung Pasar Batang termasuk kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk gempa pada kategori II dan untuk faktor keutamaan gempa dilihat di **Tabel 3.9** untuk Kategori risiko II memiliki faktor keutamaan gempa $I_e = 1,0$

5.1.1. Pemilihan Sistem Struktur dan Parameter Sistem (R, C_d, Ω_0)

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.10** Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.10** Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 3.10** harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antarlantai tingkat desain. Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam **Tabel 3.10**.

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respon,	Faktor kuat lebih sistem,	Faktor pembesaran	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n(m)^c$

	R	Ω_0	defleksi, C_d^b	Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Tabel 3.10 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (*Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen*)

5.1.2. Jenis Tanah Dasar

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah, profil tanah yang mengandung beberapa lapisan tanah yang berbeda harus dibagi menjadi lapisan-lapisan yang diberi nomor ke-1 sampai ke- n dari atas ke bawah, sehingga ada total n lapisan tanah yang berbeda pada lapisan 30 m paling atas tersebut.

Untuk rumus korelasi nilai q_c ke N-SPT adalah:

$$N-SPT = q_c/4$$

Nilai \bar{N} untuk lapisan tanah 30 m paling atas ditentukan sesuai dengan permusanan berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

d_i = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

N = tahanan penetrasi standar 60 persen energi (N_{60}) yang terukur langsung dilapangan tanpa koreksi.

Kedalaman	Lapisan	BH 1			BH 2			BH 3		
		q_c	N-	$t/(N-$	q_c	N-	$t/(N-$	q_c	N-	$t/(N-$

			SPT	SPT)		SPT	SPT)		SPT	SPT)
2	2	18	4,5	0,444	26	6,5	0,308	16	4	0,500
4	2	35	8,75	0,229	31	7,75	0,258	36	9	0,222
6	2	28	7	0,286	27	6,75	0,296	28	7	0,286
8	2	14	3,5	0,571	7	1,75	1,143	12	3	0,667
10	2	13	3,25	0,615	7	1,75	1,143	11	2,75	0,727
12	2	13	3,25	0,615	9	2,25	0,889	17	4,25	0,471
14	2	12	3	0,667	8	2	1,000	10	2,5	0,800
16	2	55	13,75	0,145	143	35,75	0,056	55	13,75	0,145
18	2	53	13,25	0,151	250	62,5	0,032	82	20,5	0,098
Total	18			3,724			5,125			3,915

Tabel 3.11 Tabel N-SPT Rata-rata Gedung Pasar Batang SNI 2012.

$$\sum_{i=1}^n t_i = t_1 + t_2 + \dots + t_n = 18 \text{ meter}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{N_i} = \frac{t_1}{N_1} + \frac{t_2}{N_2} + \dots + \frac{t_n}{N_n} = 3,724$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n \frac{t_i}{N_i}} = 20 / 3,724 = 4,834$$

Maka klasifikasi status pada lokasi proyek bangunan gedung Pasar Batang termasuk kelas tanah lunak dengan nilai $\bar{N} < 15$ seperti pada **Tabel 3.5**

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (taanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa 			

SF(tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik)	<p>Setiap lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <p>Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifasi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</p> <p>Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)</p> <p>Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $IP > 75$)</p> <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa</p>
--	--

Tabel 3.12 Klasifikasi Situs



Gambar 3.17 Lokasi Gedung Pasar Batang

Untuk menentukan spektrum respon desain untuk lokasi proyek data yang diperlukan

adalah :

$$S_s \text{ (percepatan batuan dasar pada perioda pendek)} = 0,583 \text{ g}$$

$$S_1 \text{ (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik)} = 0,251 \text{ g}$$

$$\text{Faktor amplifikasi getaran terkait percepatan getaran perioda pendek (F}_a\text{)} = 1,534$$

$$\text{Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F}_v\text{)} = 2,997$$

$$\text{Parameter spektrum respons percepatan perioda pendek (S}_{MS}\text{)} = F_a S_s = 0,894 \text{ g}$$

$$\text{Parameter spektrum respons percepatan perioda 1 detik (S}_{M1}\text{)} = F_a S_s = 0,752 \text{ g}$$

$$\text{Parameter percepatan spektral desain perioda pendek, S}_{DS} = 2/3 S_{MS} = 0,596 \text{ g}$$

$$\text{Parameter percepatan spektral desain perioda 1 detik, S}_{D1} = 2/3 S_{M1} = 0,501 \text{ g}$$

Pembuatan kurva spektrum respons desain (Gambar C.1.1) :

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SDS} = 0,168 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SDS} = 0,841 \text{ detik}$$

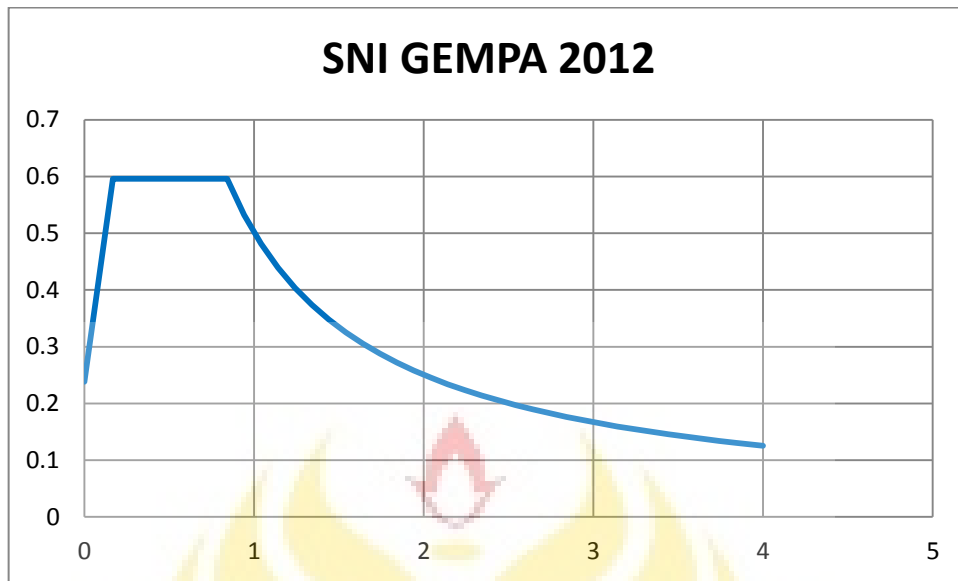
Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain,

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}\right); \text{ Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan } T_0 \text{ dan}$$

lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, $S_a =$

S_{DS} ; Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, $S_a =$

S_{D1}/T .



Gambar 3.18 Respon Spektrum Gedung Pasar Batang SNI 20012

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,238
T0	0,168	0,596
TS	0,841	0,596
TS+0	0,841	0,596
TS+0.1	0,941	0,482
TS+0.2	1,041	0,439
TS+0.3	1,141	0,404
TS+0.4	1,241	0,374
TS+0.5	1,341	0,348
TS+0.6	1,441	0,325
TS+0.7	1,541	0,305
TS+0.8	1,641	0,288
TS+0.9	1,741	0,272
TS+1	1,841	0,258
TS+1.1	1,941	0,246
TS+1.2	2,041	0,234
TS+1.3	2,141	0,224
TS+1.4	2,241	0,214
TS+1.5	2,341	0,205
TS+1.6	2,441	0,197

TS+1.7	2,541	0,19
TS+1.8	2,641	0,183
TS+1.9	2,741	0,176
TS+2	2,841	0,17
TS+2.1	2,941	0,165
TS+2.2	3,041	0,16
TS+2.3	3,141	0,155
TS+2.4	3,241	0,15
TS+2.5	3,341	0,146
TS+2.6	3,441	0,142
TS+2.7	3,541	0,138
TS+2.8	3,641	0,134
TS+2.9	3,741	0,13
TS+3	3,841	0,127
4	4	0,125

Tabel 3.13 Respon Spektrum Kab. Batang

5.1.3. Perhitungan Berat Bangunan (W)

Pada SNI Gempa 2012 perhitungan berat diperoleh dari hasil analisis SAP2000 didapatkan nilai W sebesar:

$$\begin{aligned}
 W &= DL + 0,3 \times LL \\
 &(3.11) \\
 &= 122724,325 + (0,3 \times 37159,038) \\
 &= 141303,844 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.1.4. Batasan Periode fundamental struktur (T)

Periode fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari **Tabel 3.14** dan periode fundamental pendekatan, (T_a). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, (T), diijinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, (T_a). Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 T_a &= C_t \cdot h_n^x \\
 &= 0,0466 \times 20,6^{0,9} \\
 &= 0,709
 \end{aligned}$$

dengan, h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari **Tabel 3.15**.

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 3.14 .Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tabel 3.15 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan periode fundamental pendekatan T_a dalam detik, dari persamaan berikut untuk struktur dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat di mana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m. N = jumlah tingkat.

$$T_a = 0,1 N$$

$$T_a = 0,1 \cdot 2 = 0,2$$

Diambil T_a terkecil yaitu 0,2

$C_u = 1,4$ (Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, S_{D1})

$$\begin{aligned} T &= C_u \times T_a \\ &= 1,4 \times 0,2 \\ &= 0,28 \text{ detik} \end{aligned}$$

5.1.5. Koefisien Respon Seismik (C_s)

Dari periode natural T dapat dibandingkan angka koefisien respons seismik C_s sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{Ds}}{R/I_e} \\ &= \frac{0,596}{8/1} \\ &= 0,0745 \end{aligned}$$

Nilai C_s yang dihitung diatas tidak boleh melebihi berikut ini:

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{D1}}{T(R/I_e)} \\ &= \frac{0,501}{0,28(8/1)} \\ &= 0,224 \end{aligned}$$

$C_s = 0,0745 < 0,224$ persyaratan terpenuhi, maka koefisien respon seismik C_s yang digunakan adalah 0,0745

5.1.6. Perhitungan Beban Geser Dasar Struktur (V)

Pada SNI Gempa 2012, Geser dasar seismik V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} V &= C_s \cdot W \\ &= 0,0745 \times 141303,844 \\ &= 10527,13638 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi, besar beban gempa geser yang bekerja pada gedung Pasar Batang sebesar **10527,13638 kN**

5.2. Bagan Alir Reesain Struktur

Bagan alir yang digunakan dalam proses Redesain Bangunan Gedung Pasar Kab.Batang adalah seperti pada Gambar 3.19. Ada tiga tahap pada proses redesain yaitu :

a) Tahap 1

Memperoleh data-data pembangunan gedung yang meliputi data penyelidikan tanah, gambar-gambar perencanaan dan as build drawing, peta topografi berupa peta lokasi koordinat gedung dan kondisi eksisting lahan sebelum pekerjaan konstruksi. Data laporan perhitungan struktur untuk mengetahui asumsi-asumsi dalam desain dan besarnya pembebanan. Sebagian data ini telah diperoleh sebelum penulisan proposal Tugas Akhir.

b) Tahap 2.

Menentukan kriteria redesain yang diusulkan dalam proposal Tugas Akhir. Kriteria redesain meliputi meredesain keyplan struktur, mutu materialnya, metode konstruksinya maupun pembebanannya. Langkah selanjutnya adalah menentukan sistem struktur yang sesuai berdasarkan kriteria desain seismik (KDS) SNI Gempa 2012. Sistem struktur yang sesuai ini bisa lebih dari satu. Setelah sistem strukturnya dipilih maka prosedur selanjutnya adalah permodelan struktur berdasarkan denah struktur eksisting. Dalam proses ini menggunakan standar SNI Pembebanan 2013. Prosedur selanjutnya kemudian di cek terhadap kriteria deformasi SNI Gempa 2012 seperti cek Torsi, cek simpangan total, cek simpangan antar lantai, cek P Delta, dan cek tumbukan antar gedung.

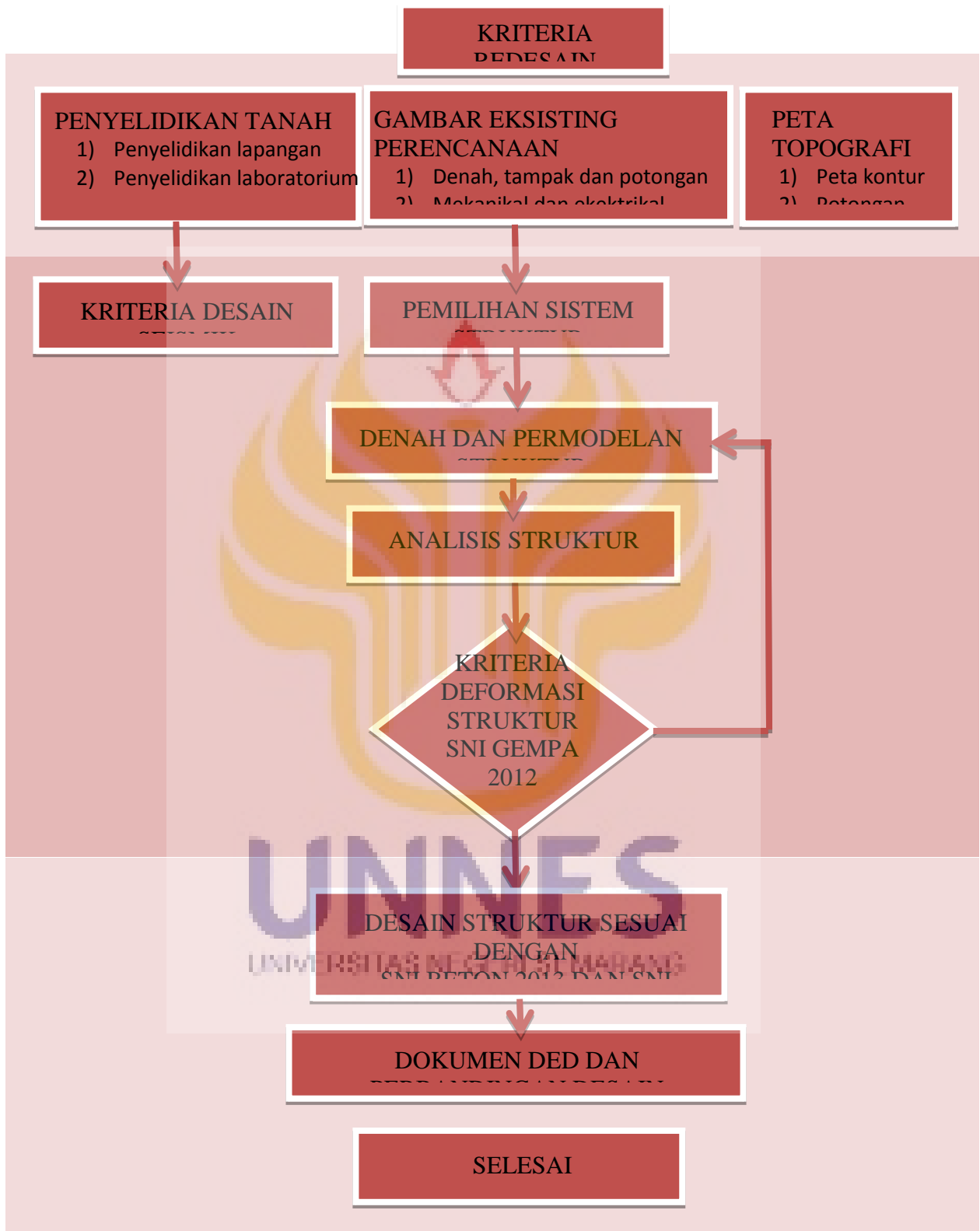
c) Tahap 3.

d) Setelah kriteria deformasi dinyatakan memenuhi, prosedur dilanjutkan dengan desain struktur atas dan struktur bawah. Namun jika kriteria deformasi ini belum memenuhi perlu memodifikasi konfigurasi struktur atau sistem strukturnya hingga memenuhi kriteria tersebut. Struktur bawah harus lebih kuat dari struktur atas, untuk itu struktur bawah tetap menggunakan elastik, sedangkan struktur atas menggunakan daktail. Standar desain struktur beton bertulang berdasarkan SNI Beton 2013 dan



SNI Gempa 2012. Dokumen DED yang harus ada dalam desain adalah Gambar DED, Rencana Anggaran dan Biaya (RAB), Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) dan Time Schduling. Perbandingan antara struktur eksisting dan hasil redesain dibandingkan dokumen DEDnya jika diperlukan.





Gambar 3.19 Bagan Alir Redesain Struktur Gedung Pasar Batang

BAB IV

REDESAIN STRUKTUR

1. TENTANG UMUM

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud dengan struktur atas adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat, tangga.

Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (*Gideon dan Takim, 1993*).

Analisa struktur pada perencanaan struktur gedung ini menggunakan *software* SAP 2000. Sedangkan untuk analisa penampang kolom, balok, dan plat menggunakan standar *Tata Cara Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013)*.

Pada perencanaan pembebanan gedung tersebut berdasarkan pada *Pedoman Perencanaan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013)*, dan untuk menentukan beban geser akibat gempa berdasarkan pada *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2012)*.

Menurut *Hanggoro et al (2013)*, analisa struktur pada perencanaan struktur gedung ini dilakukan dengan menggunakan program SAP 2000 yang merupakan salah satu program analisis struktur yang telah dikenal luas dalam dunia teknik sipil dan juga merupakan program versi terakhir yang paling lengkap dari seri-seri program analisis struktur SAP. Program SAP 2000 ini merupakan

perangkat lunak untuk analisis dan desain struktur ini menggunakan operasi *windows*.

Analisa penampang yang dilakukan pada perencanaan struktur gedung ini meliputi analisa balok, kolom, plat, dan tangga yang mengacu pada standar *Tata Cara Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013)*. dan didasarkan pada hasil dari analisa struktur yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan program SAP2000.

➤ **BALOK**

Balok merupakan komponen struktur yang berfungsi untuk meratakan beban plat atau dinding dan sebagai pengikat antar kolom. Seluruh beban yang diterima balok akan dilimpahkan ke kolom dan selanjutnya ke pondasi bangunan.

Penampang balok yang digunakan pada struktur gedung Pasar Batang adalah balok persegi (*Rectangular Beam*). Pada balok tersebut, penulangan yang direncanakan, yaitu:

1. Penulangan balok terlentur
2. Penulangan Geser
3. Penulangan Torsi

➤ **PLAT**

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom yang umumnya dapat merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai seperti halnya pada sistem pracetak. Petak plat dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek (*Istimawan, 1999*).

Plat yang didukung sepanjang keempat sisinya dinamakan sebagai plat dua arah, dimana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Namun, apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari 2, plat dapat dianggap hanya bekerja sebagai plat satu arah dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Struktur plat satu arah dapat didefinisikan sebagai plat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sehingga

lenturan timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi (*Istimawan, 1999*).

➤ **KOLOM**

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti tersebut, kolom menempati posisi penting di dalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan (*Istimawan, 1999*).

➤ **TANGGA**

Tangga merupakan suatu komponen struktur yang terdiri dari plat, bordes dan anak tangga yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga mempunyai bermacam-macam tipe, yaitu tangga dengan bentangan arah horizontal, tangga dengan bentangan ke arah memanjang, tangga terjepit sebelah (*Cantilever Stairs*) atau ditumpu oleh balok tengah., tangga spiral (*Helical Stairs*), dan tangga melayang (*Free Standing Stairs*). Pada bangunan Pasar Batang terdapat tangga berjalan atau *Escalator*. Semua elemen yang memikul beban dinamis dari tangga berjalan harus dirancang untuk beban impact dan batas defleksi ditetapkan oleh ASME A17.1

Untuk tujuan desain, berat mesin dan beban bergerak harus meningkat sebagai berikut untuk memungkinkan impact :

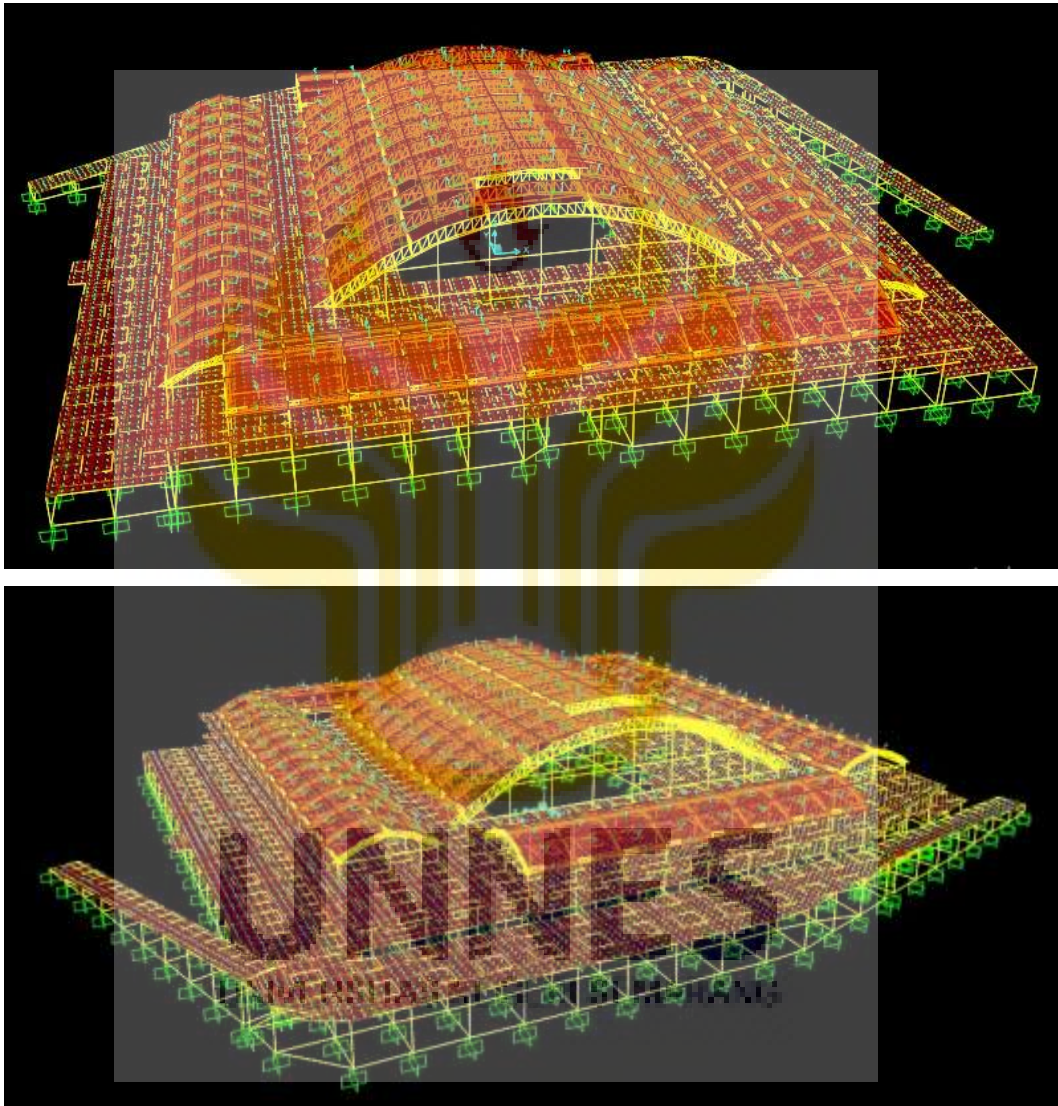
1. Mesin ringan, poros atau bermotor mesin, 20%; dan
2. Unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga-*driven*, 50%;

Semua presentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

Produk pembuat tangga berjalan yang berkualitas serta sering digunakan di bangunan-bangunan gedung di Indonesia adalah *Mitsubishi Electric Escalators Series Z For USA* dan dari produk ini memiliki berbagai 3 type tangga berjalan, dari bermacam type digunakan sesuai dengan desain atau fungsi bangunan.

2. PERMODELAN STRUKTUR

Perencanaan portal dibantu program SAP 2000 v17. Permodelan struktur lantai 1 sampai kuda-kuda pada Bangunan Pasar Batang dapat dilihat pada gambar SAP v17 seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Permodelan SAP2000 v17

2.1. Skala Faktor

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
DEAD	LinStatic		-7,58E-11	5,09E-12	122724,325
LIFE	LinStatic		-4,81E-11	-9,28E-12	37159,038
Ex	LinRespSpec	Max	90188,427	205,12	4,549
Ey	LinRespSpec	Max	191,888	9063,772	24,559

Tabel 4.1 Tabel Base Reactions

Nilai **W** (Berat Struktur) dari Program SAP2000 v17 :

$$\begin{aligned}
 W &= DEAD + 0,3 LIVE \\
 &= 122724,325 + (0,3 \cdot 37159,038) \\
 &= 141303,844 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	99,8624
MODAL	Acceleration	UY	100	99,8843
MODAL	Acceleration	UZ	0,14	0,0108

Tabel 4.2 Modal Load Participation Ratios

Nilai $I_e = 1$ $R = 8$

Faktor Skala $= g \times I_e / R$

$$\begin{aligned}
 &= 9,81 \times 1 / 8 \\
 &= 1,22625
 \end{aligned}$$

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0,51615
MODAL	Mode	2	0,490726
MODAL	Mode	3	0,485842

Translasi y
Translasi x
Rotasi

Tabel 4.3 Modal Periods & Frequencies

Vstatik			
Gempa Statik Ekuivalen Arah X		Gempa Statik Ekuivalen Arah Y	
le	1	le	1
R	8	R	8
Ta Rangka Pemikul Momen		Ta Rangka Pemikul Momen	
Ct	0,0466	Ct	0,0466
Hn	20,6 m	hn	20,6 m
X	0,9	x	0,9
Ta	0,709359542 detik	Ta	0,709359542 detik
N	2	N	2
Ta	0,2 detik	Ta	0,2 detik
Chek batasan Tc arah X		Chek batasan Tc arah Y	
Cu	1,4	Cu	1,4
Cu.Ta	0,28 detik	Cu.Ta	0,28 detik
Tc	0,490726 detik	Tc	0,51615 detik
	Tc > Cu.Ta		Tc > Cu.Ta
Perhitungan V Statik arah X		Perhitungan V Statik arah Y	
SDS	0,596 g	SDS	0,596 g
SD1	0,501 g	SD1	0,501 g
CS	0,0745	CS	0,0745
CS Max	0,223660714	CS Max	0,223660714
CS Min	0,026224	CS Min	0,026224
Vstatik	10527,13738 kN	Vstatik	10527,13738 kN
Gempa Analisis Dinamik arah X		Gempa Analisis Dinamik arah Y	
Vdinamik	9018,427 kN	Vdinamik	9063,772 kN
85% Vstatik	8948,065921 kN	85% Vstatik	8948,065921 kN
x faktor skala	0,992198076	x faktor skala	0,987234224
faktor skala	1,216682891	faktor skala	1,210595968

Tabel 4.4 Skala Faktor

2.2. Simpangan dan Efek P-Delta

2.2.1. Pengecekan Terhadap Torsi

Ketidakteraturan Horisontal pada Struktur

- **Ketidakteraturan torsi** didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan

Ketidakberaturan torsi dalam pasalpasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.

- **Ketidakberaturan torsi berlebihan** didefinisikan ada jika simpangan antar lantai tingkat maksimum, torsi yang dihitung termasuk tak terduga, di sebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	U1	Uavg	Umax	Umax/Uavg
Text	Text	m	m	m	
LT.dak	Ex	0,00345	0,003449	0,00345	1,00
	Ex	0,003448			
LT.2	Ex	0,002388	0,002389	0,00239	1,00
	Ex	0,00239			
LT.1	Ex	0	0	0	0,00
	Ex	0			

Umax/Uavg \leq 1.2 maka tidak termasuk struktur Ketidakberaturan torsi arah y.

Tabel 4.5 Torsi Arah y

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	U2	Uavg	Umax	Umax/Uavg
Text	Text	m	m	m	
LT.dak	Ey	0,004183	0,004199	0,004214	1,00
	Ey	0,004214			
LT.2	Ey	0,00283	0,002835	0,00284	1,00
	Ey	0,00284			
LT.1	Ey	0	0	0	0,00
	Ey	0			

Umax/Uavg \leq 1.2 maka tidak termasuk struktur Ketidakberaturan torsi arah x.

Tabel 4.6 Torsi Arah x

2.2.2. Pengecekan Terhadap Simpangan

- **Penentuan Simpangan antar Lantai**

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (D) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Jika desain tegangan ijin digunakan, D harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin. Bagi struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D, E atau F yang memiliki ketidakberaturan horisontal Tipe 1a atau 1b simpangan antar lantai desain D, harus dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik-titik di atas dan di bawah tingkat yang diperhatikan yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang salah satu bagian tepi struktur.

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\frac{C_d \delta_x}{I_e}$$

C_d = faktor amplifikasi defleksi

δ_x = defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = faktor keutamaan gempa

- **Nilai perioda untuk menghitung simpangan antar lantai**

Untuk menentukan kesesuaian dengan batasan simpangan antar lantai tingkat, diijinkan untuk menentukan simpangan antar lantai elastis δ_x menggunakan gaya desain seismik berdasarkan pada perioda fundamental struktur yang dihitung tanpa batasan atas ($C_u T_a$).

- **Batasan simpangan antar lantai tingkat**

Simpangan antar lantai tingkat desain (D) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (D_a) untuk semua tingkat.

- **Simpangan antar lantai ijin (D_a) sistem rangka momen dalam KDS D, E, dan F**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan	0.025 hSX	0.020 hSX	0.015 hSX

dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.			
Struktur dinding geser kantilever batu bata.	0.010 hSX	0.010 hSX	0.010 hSX
Struktur dinding geser batu bata lainnya.	0.007 hSX	0.007 hSX	0.007 hSX
Semua struktur lainnya	0.020 hSX	0.015 hSX	0.010 hSX

hSX = adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x

Tabel 4.7 Kategori Desain Struktur

Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar lantai tingkat desain (D) tidak boleh melebihi D_a/r dengan r = Faktor redundansi.

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	Z	U1	U2	Hsx	Drift x	Drift y	Simpangan Antar
Text	Text	m	m	m	m	M	m	Tingkat Ijin (m)
2	Ey	5,6	0,000053	0,002588	5,6	0,0002915	0,014234	0,086153846
1	Ey	0	0	0	1	0	0	0,015384615

Tabel 4.8 Simpangan Arah y

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	Z	U1	U2	Hsx	Drift x	Drift y	Simpangan Antar
Text	Text	m	m	m	m	M	m	Tingkat Ijin (m)
2	Ex	5,6	0,002528	0,000042	5,6	0,013904	0,000231	0,086153846
1	Ex	0	0	0,00E+00	1	0	0	0,015384615

Tabel 4.9 Simpangan Arah x

Simpangan antar lantai ijin (D_a) = $0.010 \text{ hSX} / \rho$

Batasan Ratio *Drift* = $0.010 / \rho = 0.01 \cdot 1/1,3 = 0,7692308 \%$

3. ANALISIS STRUKTUR

3.1. Jenis Material → Beton dan Tulangan

Material utama yang digunakan pada struktur gedung ini adalah material beton bertulang. Elemen-elemen dari struktur beton bersifat monolit, sehingga

struktur ini mempunyai perilaku yang baik di dalam memikul beban gempa. Berat jenis beton bertulang adalah 2400 kg/m^3 . Mutu Beton (f_c') adalah berdasarkan kekuatan silinder tekan umur 28 hari.

Elemen	Mutu
Struktur Atas	K-250 ($f_c' = 21,15 \text{ MPa}$)
Struktur Bawah	K-250 ($f_c' = 21,15 \text{ MPa}$)
Minipiles Beton Pratekan	K-500 ($f_c' = 42,30 \text{ MPa}$)

Tabel 4.10 Material Beton

Elemen	Mutu	Tegangan Leleh
Tulangan Ulir (D)	BJTD 39 (Deformed)	$f_y = 390 \text{ Mpa}$
Tulangan Polos (\emptyset)	BJTP 24 (Undeformed)	$f_y = 240 \text{ Mpa}$

Tabel 4.11 Material Tulangan

3.2. Dimensi Penampang Elemen

3.2.1. Dimensi Balok Induk

Balok induk adalah elemen lentur yang berfungsi sebagai pengikat antar kolom, dimensi penampang (h dan b) dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$h = l/10$$

$$b = h/2$$

Berikut ini adalah tabel perhitungan dimensi balok induk :

Tipe Balok	B (cm)	H (cm)
B1-30x90	30	90
B2-25x70	25	70
B2K-25x70	25	70
B3-25x60	25	60
B3K-25x60	25	60
B4-25x50	25	50
B5-25x40	25	40
B6-60x80	60	80
B7-50x80	50	80
B8-45x80	45	80
B9-35x70	35	70
B10-30x60	30	60
BR1-25x80	25	80
BR2-25x70	25	70

BR3-25x60	25	60
BR4-25x40	25	40
BA1-25x50	25	50
BA1K- 25x50	25	50
BA2-25x40	25	40
BT1-30x60	30	60

Tabel 4.12 Dimensi Balok Induk

Gambar Detail Balok lihat lampiran

Perhitungan manual untuk B3 dapat dilakukan dengan cara:

$$\begin{aligned}
 h &= L/10 \\
 &= 600/10 = 60 \text{ cm} \\
 b &= H/2 \\
 &= 60/3 = 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi, dimensi untuk B3 dapat digunakan 30 x 60 cm. Namun dimensi tersebut dapat berubah jika gedung yang direncanakan mendapat berbagai macam gaya, seperti dalam perencanaan gedung ini. Gedung ini direncanakan dapat menahan beban angin, beban gempa sesuai kelas gempa wilayah, yaitu wilayah Kab. Batang. Dan setelah dihitung menggunakan program SAP, dimensi balok induk mengalami perubahan atau penambahan tipe balok induk. Berikut adalah tabel dimensi balok induk yang digunakan untuk menahan beban gempa :

Tipe Balok	Rebar Mat L	Rebar Mat C
B1-30x90	BjTS-40	BjTS-40
B2-25x70	BjTS-40	BjTS-40
B2K-25x70	BjTS-40	BjTS-40
B3-25x60	BjTS-40	BjTS-40
B3K-25x60	BjTS-40	BjTS-40
B4-25x50	BjTS-40	BjTS-40
B5-25x40	BjTS-40	BjTS-40
B6-60x80	BjTS-40	BjTS-40
B7-50x80	BjTS-40	BjTS-40
B8-45x80	BjTS-40	BjTS-40
B9-35x70	BjTS-40	BjTS-40
B10-30x60	BjTS-40	BjTS-40
BR1-25x80	BjTS-40	BjTS-40

BR2-25x70	BjTS-40	BjTS-40
BR3-25x60	BjTS-40	BjTS-40
BR4-25x40	BjTS-40	BjTS-40
BA1-25x50	BjTS-40	BjTS-40
BA1K- 25x50	BjTS-40	BjTS-40
BA2-25x40	BjTS-40	BjTS-40
BT1-30x60	BjTS-40	BjTS-40

Tabel 4.13 Perhitungan Dimensi Balok Induk pada Program SAP2000

3.2.2. Dimensi Kolom

Berikut ini adalah tabel dimensi kolom :

Tipe Kolom	Rebar Mat L	Rebar Mat C
K1-100x100	BjTS-40	BjTS-40
K2-80x80	BjTS-40	BjTS-40
K3-75x75	BjTS-40	BjTS-40
K4-70x70	BjTS-40	BjTS-40
K5-50x70	BjTS-40	BjTS-40
K6-65x65	BjTS-40	BjTS-40
K7-55x55	BjTS-40	BjTS-40

Tabel 4.14 Perhitungan Dimensi Kolom pada Program SAP2000

Gambar Detail Kolom lihat lampiran

3.3. Beban dan Kombinasi Pembebanan pada Struktur Redesain

Menurut *SNI 1727-2013* Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

Sedangkan beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Beban mati pada struktur redesain pada dasarnya memiliki beban yang sama pada struktur eksisting karena nilai yang harus digunakan adalah nilai yang

disetujui oleh pihak yang berwenang dimana nilai beban mati tersebut telah ditetapkan pada struktur eksisting.

3.3.1 Beban Angin (W)

Kategori risiko untuk bangunan Pasar Batang dengan penggunaan dan pemanfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur dikategorikan sebagai kategori II. Sebuah kategorisasi bangunan dan struktur lainnya untuk penentuan beban angin berdasarkan risiko yang terkait dengan kinerja yang tidak dapat diterima.

Kecepatan angin dasar V , yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari instansi yang berwenang, sesuai dengan kategori risiko bangunan gedung dan struktur. Angin harus diasumsikan datang dari segala arah horizontal. Kecepatan angin dasar harus diperbesar jika catatan atau pengalaman menunjukkan bahwa kecepatan angin lebih tinggi dari pada yang ditentukan. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum 25 m/s sebesar dan untuk tekanan tiup ditepi laut hingga 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 m/s . Berikut adalah parameter untuk menentukan beban angin :

- Kecepatan Angin Dasar $V = 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Faktor Arah Angin $K_d = 0,85$
- Kategori Eksposur bangunan termasuk kategori eksposur B dengan tinggi bangunan 74 ft atau $22,6 \text{ m}$.
- Faktor Topografi $K_{zt} = 1,0$
- Klasifikasi Ketertutupan Bangunan Pasar Batang adalah Bangunan terbuka.
- Koefisien Eksposur Tekanan Vesolitas K_z

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2/\alpha} \quad \text{Dimana } \alpha = 7,0 \text{ dan } z_g = 365,76 \text{ ft}$$

$$K_z = 2,01 \cdot \left(\frac{22,6}{265,76} \right)^{2/7}$$

$$K_z = 2,01 \cdot 0,447$$

$$K_z = 0,9$$

- Koefisien Velositas q_z

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$q_z = 0,613 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 40^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$q_z = 750,4 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

- Faktor Efek Tiupan Angin (Bangunan Kaku)

$$L_z = \ell \left(\frac{z}{10} \right)^\epsilon$$

$$L_z = 97,54 \left(\frac{22,6}{10} \right)^{0,33}$$

$$L_z = 128,8$$

Dengan B = 66 m & h = 12 m

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{B + h}{L_z} \right)^{0,63}}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,63 \left(\frac{66 + 12}{128,8} \right)^{0,63}}}$$

$$Q = 0,83$$

$$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6}$$

$$I_z = 0,3 \left(\frac{10}{22,6} \right)^{1/6}$$

$$I_z = 0,27$$

catatan : g_Q dan g_y harus diambil sebesar 3,4

$$G = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 g_Q I_z Q}{1 + 1,7 g_y I_z} \right)$$

$$G = 0,925 \left(\frac{1 + 1,7 \cdot 3,4 \cdot 0,27 \cdot 0,83}{1 + 1,7 \cdot 3,4 \cdot 0,27} \right)$$

$$G = 0,835$$

$$G \leq 0,85 \text{ maka diambil } G = 0,85$$

- Koefisien Tekanan Eksternal C_N (Bangunan Terbuka)

- Nilai C_N menunjukkan tekanan neto (kontribusi dari permukaan atas dan bawah) setengah dari permukaan atap untuk sisi angin datang dan sisi angin pergi.

Sudut Atap θ	Kasus Beban	Arah Angin, $y = 0^\circ, 180^\circ$	
		Aliran Angin tidak Terhalang	
		CNW	CNL
22,5 ⁰	A	1,1	0,1
	B	-0,1	-0,8
30 ⁰	A	1,3	0,3
	B	-0,1	-0,9
37,5 ⁰	A	1,3	0,6
	B	-0,2	-0,6
45 ⁰	A	1,1	0,9
	B	-0,3	-0,5

Tabel 4.15 Koefisien Tekanan Eksternal C_N

- Hitung tekanan angin, p untuk permukaan bangunan gedung kaku Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung dari semua ketinggian ditentukan dengan persamaan berikut :

$$p = q \cdot G C_n (N/m^2)$$

Dimana $q = q_z = q_i = 750,4 (N/m^2)$

$$G = 0,85$$

C_N diambil 1,3 (Section 2)

$$p = q \cdot G C_n (N/m^2)$$

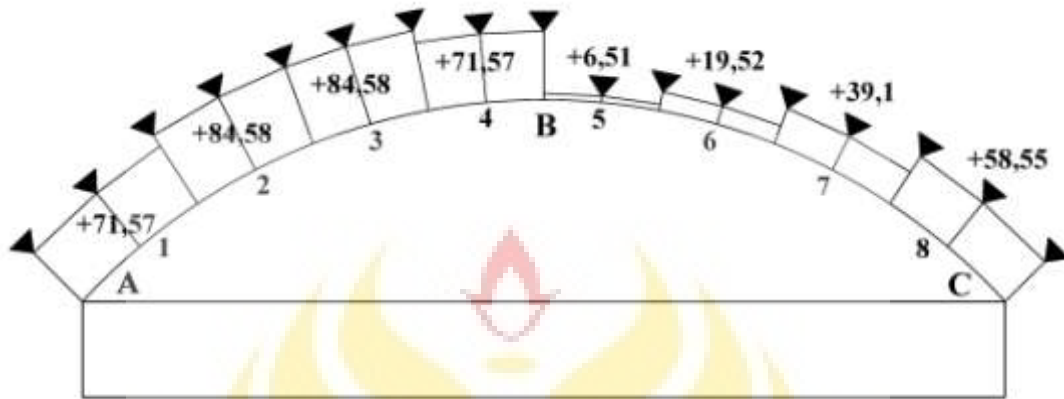
$$p = 750,4 \cdot 0,85 \cdot 1,3 (N/m^2)$$

$$p = 829,2 (N/m^2)$$

$$p = 84,58 (kg/m^2)$$

- Semua kasus beban yang ada pada setiap sudut atap harus diinvestigasi. Tanda *plus* (+) dan *minus* (-) menandakan tekanan bekerja terhadap dan sepanjang dari permukaan atas atap serta bawah atap.

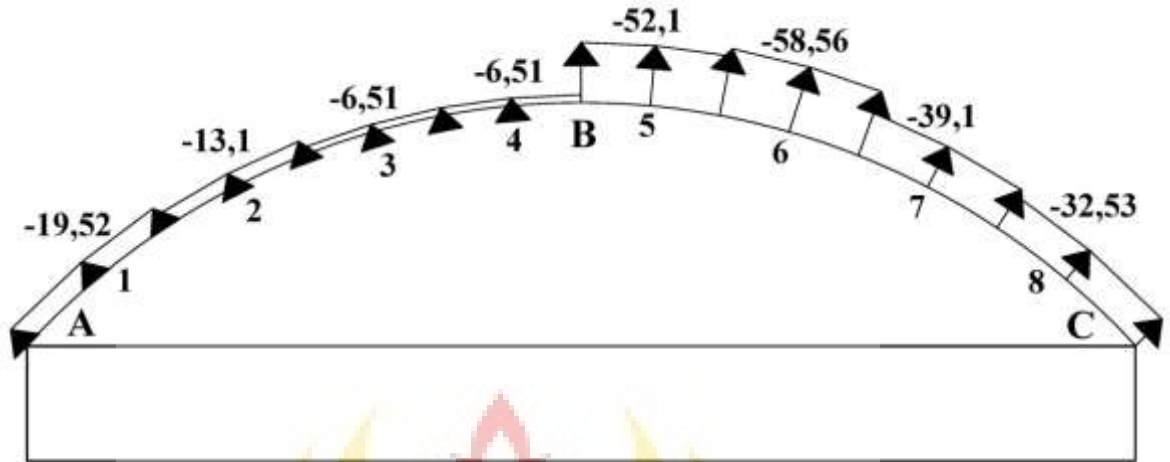
Berikut adalah Desain Tekanan Atap sesuai dengan koefisien tekanan neto (Gedung Terbuka), untuk nilai-nilai dan kasus beban pada atap ditunjukkan pada **Tabel 4.16**



Gambar 4.2 Case A pada Permukaan Atap Utama

Permukaan	Location	Sudut	Nilai	Tekanan		
			C_N	N/m^2	Kg/m^2	
Atap Lengkung Case A	Point A	1	45°	1,1	701,62	71,57
		2	37,5°	1,3	829,19	84,58
		3	30°	1,3	829,19	84,58
	Point B	4	22,5°	1,1	701,62	71,57
		5	22,5°	0,1	63,78	6,51
		6	30°	0,3	191,35	19,52
	Point C	7	37,5°	0,6	382,70	39,04
		8	45°	0,9	574,06	58,55

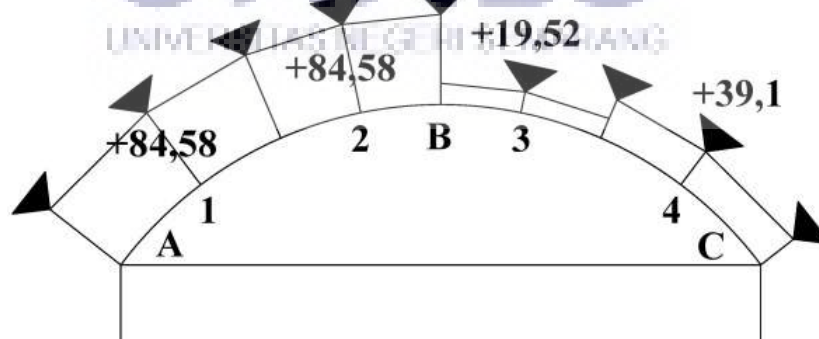
Tabel 4.16 Desain Case A Tekanan untuk Atap



Gambar 4.3 Case B pada Permukaan Atap Utama

Permukaan	Location	Sudut	Nilai	Tekanan		
			C_N	N/m^2	Kg/m^2	
Case B	Point A	1	45°	-0,3	-191,35	-19,52
		2	37,5°	-0,2	-127,57	-13,01
		3	30°	-0,1	-63,78	-6,51
	Point B	4	22,5°	-0,1	-63,78	-6,51
		5	22,5°	-0,8	-510,27	-52,05
		6	30°	-0,9	-574,06	-58,55
		7	37,5°	-0,6	-382,70	-39,04
	Point C	8	45°	-0,5	-318,92	-32,53

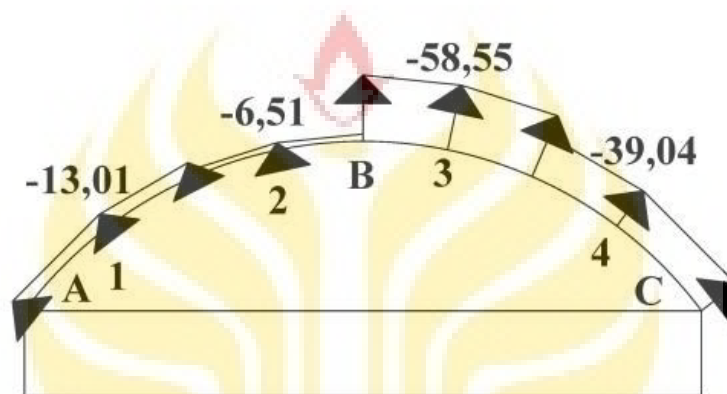
Tabel 4.17 Desain Case B Tekanan untuk Atap



Gambar 4.4 Case A pada Permukaan Atap Kecil

Permukaan	Location	Sudut	Nilai	Tekanan		
			C_N	N/m^2	Kg/m^2	
Atap Lengkung Case A	Point A	1	37,5°	1,3	829,19	84,58
		2	30°	1,3	829,19	84,58
	Point B	3	30°	0,3	191,35	19,52
		4	37,5°	0,6	382,70	39,04

Tabel 4.18 Desain Case A Tekanan untuk Atap



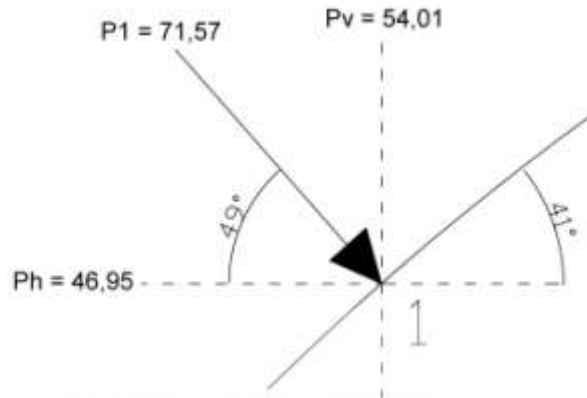
Gambar 4.5 Case B pada Permukaan Atap Kecil

Permukaan	Location	Sudut	Nilai	Tekanan		
			C_N	N/m^2	Kg/m^2	
Case B	Point A	1	37,5°	-0,2	-127,57	-13,01
		2	30°	-0,1	-63,78	-6,51
	Point B	3	30°	-0,9	-574,06	-58,55
		4	37,5°	-0,6	-382,70	-39,04

Tabel 4.19 Desain Case B Tekanan untuk Atap

→ Penguraian beban angin pada rangka atap diperhitungkan secara tegak lurus terhadap bidang kemiringan atap itu sendiri. Namun pada program SAP2000 v17, beban angin diperhitungkan sebagai gaya tegak lurus bidang sumbu x, y, dan z sehingga untuk memperhitungkan bebannya dihitung menggunakan rumus *Trigonometri* berupa *sinus & cosinus*.

Contoh cara menentukan distribusi beban vertikal dan beban horizontal pada atap utama :



Gambar 4.6 Distribusi Beban Tekan pada Atap (Section 1)

$$P_h \text{ horizontal} = P_1 \cdot \cos \alpha$$

$$P_h \text{ horizontal} = 71,57 \cdot \cos 49^\circ$$

$$P_h \text{ horizontal} = 46,95 \text{ kg/m}^2$$

$$P_v \text{ vertikal} = P_1 \cdot \sin \alpha$$

$$P_v \text{ vertikal} = 71,57 \cdot \sin 49^\circ$$

$$P_v \text{ vertikal} = 54,01 \text{ kg/m}^2$$

Dimana Θ sudut kemiringan atap.

$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ + \Theta)$$

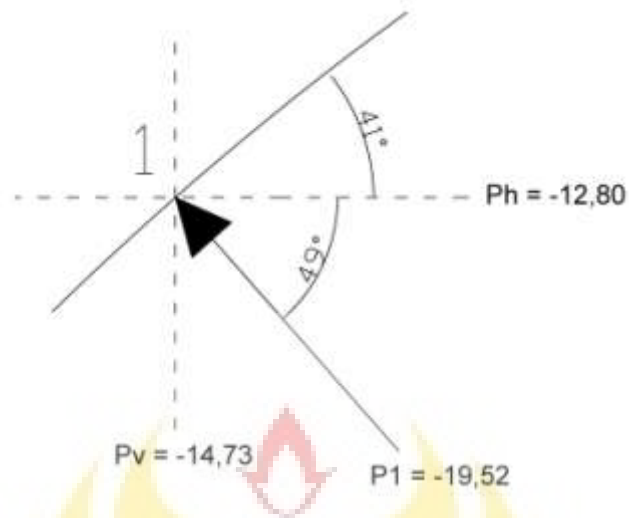
$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ + 41^\circ)$$

$$\alpha = 49^\circ$$

$$P_1 = 71,57 \text{ kg/m}^2$$

Location	Sudut		Nilai Tekanan	Vertikal Sin	Horizontal cos
	Atap	x,y,z angin			
1	41°	49°	71,57	54,01	46,95
2	35°	55°	84,58	69,28	48,51
3	30°	60°	84,58	73,25	42,29
4	24°	66°	71,57	65,38	29,11
5	24°	66°	6,51	5,94	2,65
6	30°	60°	19,52	16,90	9,76
7	35°	55°	39,04	31,98	22,39
8	41°	49°	58,55	44,19	38,41

Tabel 4.20 Distribusi Beban Tekan pada Atap $P_1 \rightarrow P_8$



Gambar 4.7 Distribusi Beban Hisap pada Atap (*Section 1*)

$$P_h \text{ horizontal} = P_1 \cdot \cos \alpha$$

$$P_h \text{ horizontal} = -19,52 \cdot \cos 49^\circ$$

$$P_h \text{ horizontal} = -12,80 \text{ kg/m}^2$$

$$P_v \text{ vertikal} = P_1 \cdot \sin \alpha$$

$$P_v \text{ vertikal} = -19,52 \cdot \sin 49^\circ$$

$$P_v \text{ vertikal} = -14,73 \text{ kg/m}^2$$

Dimana α sudut kemiringan atap.

$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ + \theta)$$

$$\alpha = 180^\circ - (90^\circ + 41^\circ)$$

$$\alpha = 49^\circ$$

$$P_1 = -19,52 \text{ kg/m}^2$$

Location	Sudut		Nilai Tekanan	Vertikal Sin	Horizontal cos
	Atap	x,y,z angin			
1	41°	49°	-19,52	-14,73	-12,80
2	35°	55°	-13,01	-10,66	-7,46
3	30°	60°	-6,51	-5,63	-3,25
4	24°	66°	-6,51	-5,94	-2,65
5	24°	66°	-52,05	-47,55	-21,17
6	30°	60°	-58,55	-50,71	-29,28
7	35°	55°	-39,04	-31,98	-22,39
8	41°	49°	-32,53	-24,55	-21,34

Tabel 4.21 Distribusi Beban Hisap pada Atap $P_1 \rightarrow P_8$

Dalam menentukan beban angin pada atap Bangunan Pasar Batang, dilakukan permodelan pada program SAP2000 v17 secara terpisah dari

permodelan bangunan struktur utama, hal ini dikarenakan terdapat masalah dengan dilatasi antar tiap segmen gedung yang mengakibatkan permodelan struktur utama pada SAP2000 v17 tidak bisa melakukan translasi dan rotasi secara beraturan, sehingga diperlukan pemisah antara tiap-tiap segmen bangunan dan agar mendapatkan nilai beban angin yang lebih akurat.

→ Program SAP2000 v17 tidak didesain untuk menerima beban secara berlawanan, yaitu beban tekan (+) dan beban hisap (-). Oleh karena itu pada kasus ini beban tekan lebih tinggi dari beban hisap, maka penentuan beban angin yang diaplikasikan pada program SAP2000 diperhitungkan sebagai berikut :

→ $P_v \text{ tekan} = 54,01 \text{ kg/m}^2$ (Section 1)

$P_v \text{ hisap} = -14,73 \text{ kg/m}^2$

$\text{Beban Vertikal (1)} = P_v \text{ tekan} + P_v \text{ hisap}$

$\text{Beban Vertikal (1)} = 54,01 + (-14,73)$

$\text{Beban Vertikal (1)} = 39,28 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Section 1} = \text{Section 8} \rightarrow 0^\circ = 180^\circ$

$P_v \text{ tekan} = 44,19 \text{ kg/m}^2$ (Section 8)

$P_v \text{ hisap} = -24,55 \text{ kg/m}^2$

$\text{Beban Vertikal (8)} = 19,64 \text{ kg/m}^2$

Beban Vertikal pada SAP2000 :

$P_v = \text{Section 1} + \text{Section 8}$

$P_v = 39,28 + 19,64$

$P_v = 58,92 \text{ kg/m}^2$

UNNES UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG $0^\circ \rightarrow 180^\circ$

Sudut	Beban Vertikal			Beban pada
	Beban Tekan	Beban Hisap	Jumlah	SAP2000
	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2
49°	54,01	-14,73	39,28	58,92
55°	69,28	-10,66	58,62	58,62
60°	73,25	-5,63	67,61	33,81
66°	65,38	-5,94	59,43	17,83
66°	5,94	-47,55	-41,60	17,83

60°	16,90	-50,71	-33,81	33,81
55°	31,98	-31,98	0,00	58,62
49°	44,19	-24,55	19,64	58,92

Tabel 4.22 Aplikasi Beban Angin pada SAP2000 v17 (P_v)

$$P_h \text{ tekan} = 46,95 \text{ kg/m}^2 \text{ (Section 1)}$$

$$P_h \text{ hisap} = -12,80 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Horizontal (1)} = P_v \text{ tekan} + P_v \text{ hidap}$$

$$\text{Beban Horizontal (1)} = 46,95 + (-12,80)$$

$$\text{Beban Horizontal (1)} = 34,15 \text{ kg/m}^2 \rightarrow \text{Section 1} = \text{Section 8} \rightarrow 0^\circ = 180^\circ$$

$$P_h \text{ tekan} = 38,41 \text{ kg/m}^2 \text{ (Section 8)}$$

$$P_h \text{ hisap} = -21,34 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Horizontal (8)} = 17,07 \text{ kg/m}^2$$

Beban Horizontal pada SAP2000 :

$$P_h = \text{Section 1} + \text{Section 8}$$

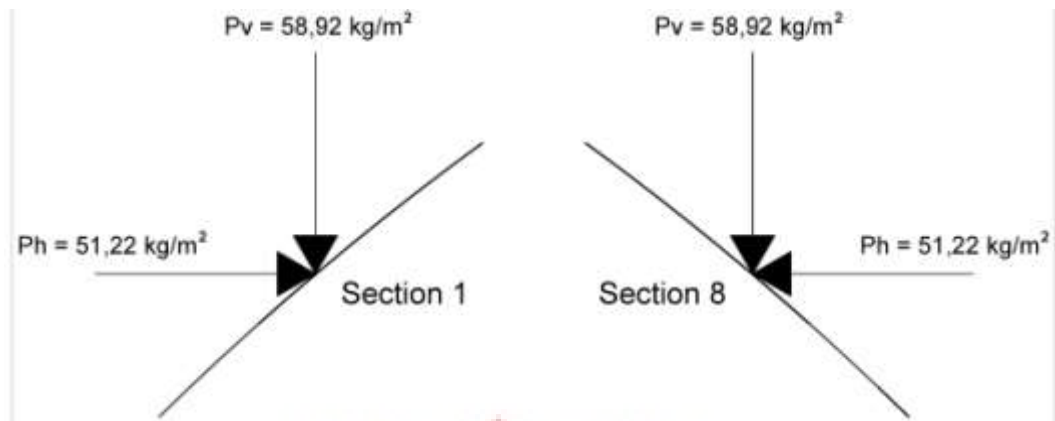
$$P_h = 34,15 + 17,07$$

$$P_h = 51,22 \text{ kg/m}^2$$

0° → 180°

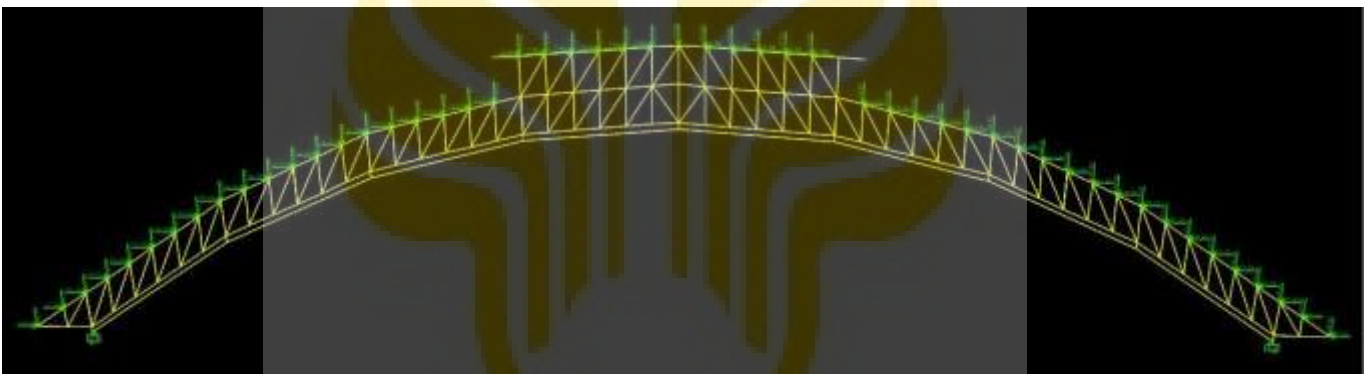
Sudut	Beban Horizontal			Beban pada
	Beban Tekan	Beban Hisap	Jumlah	SAP2000
	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2	kg/m^2
49°	46,95	-12,80	34,15	51,22
55°	48,51	-7,46	41,05	41,05
60°	42,29	-3,25	39,04	19,52
66°	29,11	-2,65	26,46	7,94
66°	2,65	-21,17	-18,52	7,94
60°	9,76	-29,28	-19,52	19,52
55°	22,39	-22,39	0,00	41,05
49°	38,41	-21,34	17,07	51,22

Tabel 4.23 Aplikasi Beban Angin pada SAP2000 v17 (P_h)



Gambar 4.8 Beban Angin pada *Section 1* dan *Section 8*

Berikut contoh permodelan pada atap Bangunan Pasar Batang dengan program SAP2000 v17 :



Gambar 4.9 Permodelan Atap pada SAP2000 v17

3.3.2. Perencanaan kuda-kuda

Analisa Perhitungan

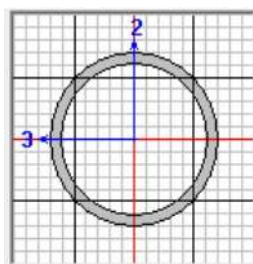
Dari *output* SAP diperoleh:

Gaya tarik maksimum = 7649,59 kg

Gaya tekan minimum = 1101,59 kg

Profil baja yang dianalisis adalah pipa 8" dengan spesifikasi sebagai berikut:

Baja 37



Tegangan putus minimum (f_u)	= 370 Mpa
Tegangan leleh minimum (f_y)	= 240 Mpa
Modulus Elastisitas (E)	= 200000 Mpa
Diameter terluar (d_{luar})	= 20,32 cm
Diameter dalam (d_{dalam})	= 19,87 cm

$$\begin{aligned} \text{Tebal profil } (t_w) &= 0,45 \text{ cm} \\ \text{Luas penampang } (A_n) &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2_{\text{luar}} - \frac{1}{4} \times \pi \times d^2_{\text{dalam}} \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 20,32^2 - \frac{1}{4} \times 3,14 \times 19,87^2 \\ &= 14,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Profil harus direncanakan agar memenuhi persyaratan kekuatan (*strenght*) dan syarat kekakuan (*stiffness*).

Batang Tarik

- Cek Kekuatan Batang Tarik (*strenght*)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan tarik yang terjadi, } \sigma &= \frac{Pu}{A_n} \\ &= \frac{7649,28}{14,2} = 538,68 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan tarik rencana, } \sigma_r &= \emptyset \times f_y \\ &= 0,9 \times 2400 = 2160 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Rasio tegangan, } \textit{stress ratio} &= \frac{\sigma}{\sigma_r} \\ &= \frac{538,68}{2160} = 0,24 < 1 \rightarrow \textit{OKE!} \end{aligned}$$

Syarat, $\sigma < \sigma_r \rightarrow 538,68 < 2160 \dots \textit{OKE!}$ Profil mempunyai kekuatan cukup.

- Cek Kekakuan Batang Tarik (*Stiffness*)

$$\begin{aligned} \text{Momen inersia penampang, } I &= \frac{1}{64} \times \pi \times (d^4_{\text{luar}} - d^4_{\text{dalam}}) \\ &= \frac{1}{64} \times 3,14 \times (20,32^4 - 19,87^4) = 716,7 \text{ cm}^4 \\ \text{Jari-jari inersia batang, } i &= \sqrt{\frac{I}{A}} \\ &= \sqrt{\frac{716,7}{14,2}} = 7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang batang, } L_k &= 100 \text{ cm} \\ \text{Nilai kelangsingan, } \lambda &= L_k / i \\ &= 100 / 7 = 14,3 \end{aligned}$$

Syarat, $\lambda < \lambda_{max} \rightarrow 14,3 < 300 \dots \textit{OKE!}$ Profil mempunyai kekakuan cukup.

Batang Tekan

- Cek Kekuatan Batang Tekan (*strenght*)

Panjang batang, L = 100 cm
 Faktor panjang efektif batang, k = 4 (ujung batang merupakan sambungan)
 Panjang tekuk batang, L_k = $k \times L = 4 \times 100 = 400$ cm

Jari-jari inersia batang, i = $\sqrt{\frac{I}{A}}$
 = $\sqrt{\frac{716,7}{14,2}} = 7$

Kelangsingan batang tekan, λ_c = $\frac{1}{\pi} \times \frac{L_k}{i} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}}$
 = $\frac{1}{3,14} \times \frac{400}{7} \times \sqrt{\frac{2400}{200000}} = 2$

Karena $\lambda_c \geq 1,2$

Maka faktor tekuk, ω = $1,25 \times \lambda_c^2$
 = $1,25 \times 2^2 = 5$

Tegangan tekan yang terjadi, σ = $\frac{Pu}{An}$
 = $\frac{1191,59}{14,2} = 77,576 \text{ kg/cm}^2$

Tegangan tekan rencana, σ_r = $\phi \times \frac{f_y}{\omega}$
 = $0,9 \times \frac{2400}{5} = 432 \text{ kg/cm}^2$

Rasio tegangan, *stress ratio* = $\frac{\sigma}{\sigma_r}$
 = $\frac{77,576}{432} = 0,18 < 1 \rightarrow \text{OKE!}$

Syarat, $\sigma < \sigma_r \rightarrow 77,576 < 432 \dots \text{OKE!}$ Profil mempunyai kekuatan cukup.

- **Cek Kekakuan Batang Tekan (*stiffness*)**

Panjang batang, L_k = 100 cm

Jari-jari inersia batang, i = $\sqrt{\frac{I}{A}}$
 = $\sqrt{\frac{716,7}{14,2}} = 7$

Kelangsingan batang, λ = $L / i = 100 / 7 = 14,3$

Syarat kelangsingan batang tekan,

$\lambda < 200, \rightarrow 14,3 < 200 \dots \text{OKE!}$ Profil mempunyai kekakuan cukup.

Gambar Detail Kuda-Kuda lihat lampiran

3.3.3. Pembebanan Escalator

Berikut data-data dan spesifikasi untuk *Escalator type S24* (Tinggi 6m) :

- Lebar nominal : 600 mm (30°)
- Kapasitas : 4500 orang/jam
- Kecepatan : 30 m/menit
- Sudut kemiringan : 30°
- Sumber listrik : AC 60/50 Hz, 200 – 400 V
- Motor : 3 Phasa (motor induksi)
- Sistem operasi : Dengan switch/tombol tekan

Perhitungan Reaksi Beban berlaku pada balok dititik A (RA) dan beban dititik B (RB).

Dimana Jarak TG = 14400 mm

$$\begin{aligned} \text{Jarak LL} &= \text{TG} + 250 \\ &= 14400 + 250 \quad \rightarrow \text{LL} = 14650 \text{ mm} \\ \text{Jarak TK} &= 1990 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Jarak TJ} = 2595 \text{ mm} \\ \alpha &= 3,51 \text{ (N/mm)} \\ W_1 &= 1150 \end{aligned}$$

Tanpa dukungan balok tengah pada titik RA dan titik RB, menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{RA} &= \alpha \cdot \text{LL} + \frac{4220 \cdot (\text{LL} - \text{TK} + 1141) + 12000 \cdot (\text{TJ} - 1435)}{\text{LL}} \\ \text{RA} &= 3,51 \cdot 14650 + \frac{4220 \cdot (14650 - 1990 + 1141) + 12000 \cdot (2595 - 1435)}{14650} \\ \text{RA} &= 51421,5 + 4925,61 \\ \text{RA} &= 56347,11 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{RB} &= \alpha \cdot \text{LL} + \frac{4220 \cdot (\text{TK} - 1141) + 12000 \cdot (\text{LL} - \text{TJ} + 1435)}{\text{LL}} \\ \text{RB} &= 3,51 \cdot 14650 + \frac{4220 \cdot (1990 - 1141) + 12000 \cdot (14650 - 2595 + 1435)}{14650} \\ \text{RB} &= 51421,5 + 11294,39 \\ \text{RB} &= 62715,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Penambahan tangga berjalan dimasukkan dalam beban mati sebagai beban terdistribusi sebesar 62715,9 N pada titik RB yaitu dilantai 2 dan 56347,11 N pada titik RA yaitu pada lantai dasar dan untuk beban mati keseluruhan bangunan sebesar 150 kg/m².

Untuk beban hidup pada struktur redesain adalah sebagai berikut:

- Beban hidup koridor untuk pasar pada lantai 2 dan seterusnya : 400 kg/m²
- Beban hidup pada kios untuk berjalan untuk lantai 1 : 600 kg/m²
- Beban hidup pada kios untuk berjalan untuk lantai 2 : 360 kg/m²
- Beban hidup untuk dak parkir dan ramp : 400 kg/m²
- Beban hidup untuk load dan unload barang : 800 kg/m²
- Beban angin pada atap lengkung : 38,4 kg/m²

3.3.4. Beban Gempa

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai **Tabel 4.24** pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e menurut **Tabel 4.25**.

Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah rusun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 4.24 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Tabel 4.25 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi C_d digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respon, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur $h_n(m)^c$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

Tabel 4.26 Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

3.3.5. Kombinasi Pembebanan

Berikut adalah kombinasi pembebanan yang digunakan dalam redesain struktur Bangunan Pasar Batang :

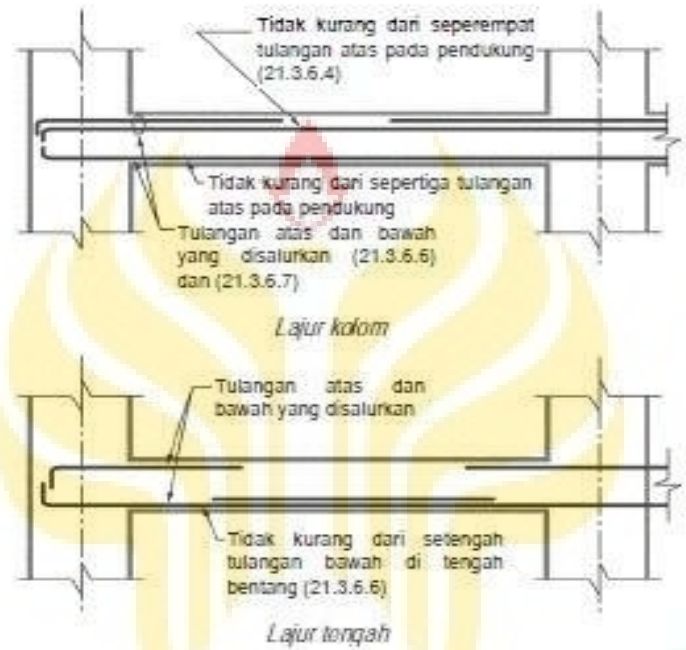
TABLE: Combination Definitions						
ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign	ConcDesign
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text
COMB1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1	None	None
COMB2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1	None	None
COMB2		Linear Static	LIVE	1		
COMB1U	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,4	None	Strength
COMB2U	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,2	None	Strength
COMB2U		Linear Static	LIVE	1,6		
COMB5UX	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,36	None	Strength
COMB5UX		Linear Static	LIVE	0,5		
COMB5UX		Response Spectrum	SPEC1	1,3		
COMB5UX		Response Spectrum	SPEC2	0,39		
COMB5UY	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,36	None	Strength
COMB5UY		Linear Static	LIVE	0,5		
COMB5UY		Response Spectrum	SPEC1	0,39		
COMB5UY		Response Spectrum	SPEC2	1,3		
COMB7UX	Linear Add	Linear Static	DEAD	0,74	None	Strength
COMB7UX		Response Spectrum	SPEC1	1,3		
COMB7UX		Response Spectrum	SPEC2	0,39		
COMB7UY	Linear Add	Linear Static	DEAD	0,74	None	Strength
COMB7UY		Response Spectrum	SPEC1	0,39		
COMB7UY		Response Spectrum	SPEC2	1,3		
COMB5X	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,112	None	None
COMB5X		Linear Static	LIVE	0		
COMB5X		Response Spectrum	SPEC1	0,91		
COMB5X		Response Spectrum	SPEC2	0,273		
COMB5Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,112	None	None
COMB5Y		Linear Static	LIVE	0		
COMB5Y		Response Spectrum	SPEC1	0,273		
COMB5Y		Response Spectrum	SPEC2	0,91		
COMB6X	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,08	None	None
COMB6X		Linear Static	LIVE	0,75		
COMB6X		Response Spectrum	SPEC1	0,6825		
COMB6X		Response Spectrum	SPEC2	0,2048		
COMB6Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1,08	None	None
COMB6Y		Linear Static	LIVE	0,75		
COMB6Y		Response Spectrum	SPEC1	0,2048		
COMB6Y		Response Spectrum	SPEC2	0,6825		
COMB8X	Linear Add	Linear Static	DEAD	0,488	None	None
COMB8X		Response Spectrum	SPEC1	0,91		
COMB8X		Response Spectrum	SPEC2	0,273		
COMB8Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	0,488	None	None
COMB8Y		Response Spectrum	SPEC1	0,273		
COMB8Y		Response Spectrum	SPEC2	0,91		

Tabel 4.27 Kombinasi Pembebanan pada SAP2000 v17

4. DESAIN STRUKTUR ATAS

4.1. Kriteria Desain Struktur Atas

Persyaratan dari Komponen struktur lentur rangka momen khusus berlaku untuk komponen struktur angka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur.



Gambar 4.10 Penempatan Tulangan pada Slab

Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi dari;

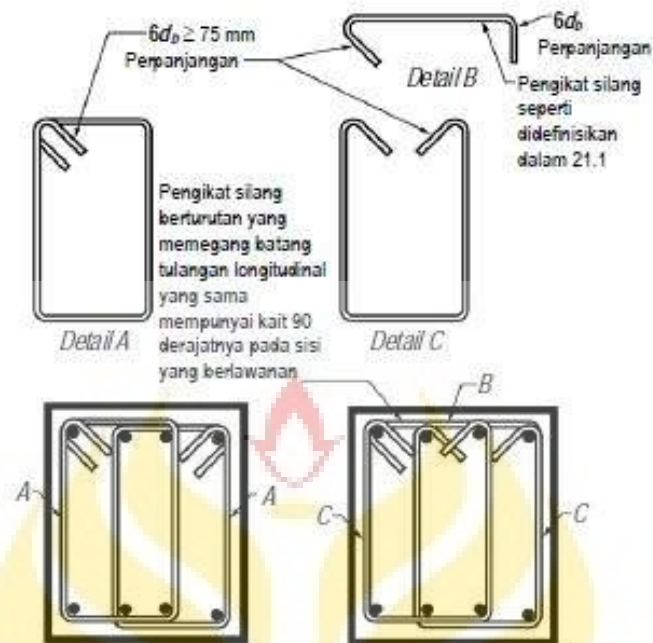
1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $A_g F_c / 10$.
2. Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n , tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari $0,3h$ dan 250 mm.
4. Lebar komponen struktur, b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari:
 - a. Lebar komponen struktur penumpu, c_2 , dan
 - b. $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak boleh kurang dari $1,4b_wd/f_y$, dan rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.

Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan dalam joint, dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint, dan bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan: sebuah sengkang yang mempunyai kait gempa pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait 90 derajatnya pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang diamankan oleh pengikat silang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, kait pengikat silang 90 derajatnya harus ditempatkan pada sisi tersebut.



Gambar 4.11 Sengkang Tertutup Saling Tumpang dan Ilustrasi Batasan pada Spasi Horizontal Maximum Batang Tulangan Longitudinal yang Ditumpu.

Gaya geser desain, V_{θ} , harus ditentukan peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin, M_{pr} , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

Tulangan transversal sepanjang panjang yang diidentifikasi harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana terjadi:

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan gaya desain mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut
2. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u , termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 20$.

4.2. Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Diketahui:

- a. Penampang Balok B3-25x60
 Lebar = 25 cm
 Tinggi = 60 cm
- b. Momen Rencana Beban Terfaktor Mud

$M_{u\text{lapangan}}$	= 11983360,48 kg.mm
$M_{u\text{tumpuan}}$	= -19454577,7 kg.mm
Diameter tulangan	= 22 mm
Diameter sengkang	= 10 mm
Penutup beton d'	= 4 cm
$f'c$	= 21,5 MPa
f_y	= 390 MPa
f_{ys}	= 240 MPa
β_1	= 0,85



Gambar 4.12 Momen yang terjadi pada Balok B3-25x60

4.2.1. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Balok B3-25x60

(25 cm x 60 cm), $L = 6$ m

Perhitungan efektif balok:

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{selimut beton} + D \text{ sengkang} + 0,5 \times D \text{ tulangan pokok} \\
 &= 40 + 10 + 11 \\
 &= 61 \text{ mm} \\
 d &= h - d' \\
 &= 600 - 61 \\
 &= 539 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi penulangan pada B3-25x60 yang akan di *trial and error*, digunakan As 5D22 dan As' 3D22

$$\begin{aligned} A_s \text{ 5D22} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d)^2 \times n \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \times 5 \\ &= 1899,7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s' \text{ 3D22} &= \frac{1}{4} \times \pi \times (d)^2 \times n \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (22)^2 \times 3 \\ &= 1139,82 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan rasio penulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 21,15}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,02375 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0178$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s}{b \cdot d} \\ &= \frac{1899,7}{250 \times 539} = 0,0141 \end{aligned}$$

Syarat rasio penulangan adalah $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$

Cek $0,0036 \leq 0,0141 \leq 0,0178$ OKE!

4.2.2. Perhitungan Tinggi Blok Desak Ekuivalen (a)

$$a = \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{(1899,7 - 1139,82) \times 390}{0,85 \times 21,15 \times 250} = 65,94 \text{ mm}$$

4.2.3. Perhitungan Gaya-Gaya Penampang

$$\begin{aligned} C_s &= A_s \cdot f_y \\ &= 1899,7 \times 390 \\ &= 740883 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times a \times b \\ &= 0,85 \times 21,15 \times 65,94 \times 250 \\ &= 296353,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Pengecekan asumsi bahwa tulangan tarik dan tekan leleh belum dengan ketentuan sebagai berikut:

Tulangan desak leleh, jika:

$$a \geq \beta_1 \left(\frac{600 \cdot d'}{600 - f_y} \right)$$

$$65,94 \text{ mm} \geq 0,85 \left(\frac{600 \cdot 61}{600 - 390} \right)$$

$$65,94 \text{ mm} \leq 148,143 \text{ mm (desak belum leleh)}$$

Karena tulangan desak belum leleh maka perhitungan diubah menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} A &= 0,85 f'_c b \\ &= 0,85 \times 21,15 \times 250 = 4494,375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= 600 A_s' - A_s \cdot f_y \\ &= 600 \times 1139,82 - 1899,7 \times 390 = -56991 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= -600 A_s' \beta_1 d' \\ &= -600 \times 1139,82 \times 0,85 \times 61 = 35459800,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A} \\ &= \frac{57003 \pm \sqrt{-57003^2 - 4 \cdot 4494,375 \cdot 35459800,2}}{2 \cdot 4494,375} \end{aligned}$$

$$= 94,94 \text{ mm}$$

$$a \geq d' = 94,94 \text{ mm} \geq 61 \text{ mm} \dots \text{ OKE!}$$

Tulangan tarik leleh, jika:

$$a \leq \beta_1 \left(\frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \right)$$

$$94,94 \leq 0,85 \left(\frac{600 \cdot 539}{600 + 390} \right)$$

$$94,94 \leq 277,67 \text{ OKE!}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot \epsilon_{cu} \cdot E_s \cdot (1 - \beta_1 \frac{d'}{a}) \\ &= 1139,82 \times 0,003 \times 200000 \times (1 - 0,85 \frac{61}{94,94}) \\ &= 310388,4991 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 21,15 \times 94,94 \times 250 \\ &= 426688,4758 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kriteria daktilitas sesuai peraturan dipenuhi, jika:

$$\begin{aligned} a &\leq 0,75 a_b \\ 94,94 &\leq 0,75 \times 277,67 \\ 94,94 &\leq 208,2525 \text{ OKE!} \end{aligned}$$

Selanjutnya momen lentur akibat terfaktor dapat dihitung sebagai berikut:

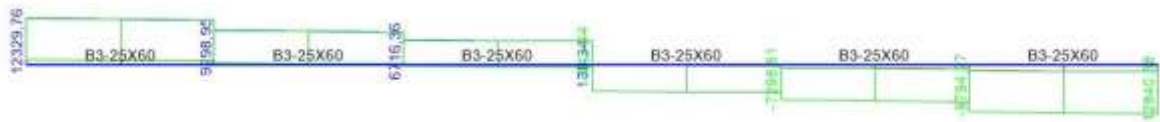
$$\begin{aligned} M_n &= C_c (\frac{d-a}{2}) + C_s (d-d') \\ &= 426688,4758 (539 - \frac{94,94}{2}) + 310388,4991 (539 - 61) \\ &= 358096244 \text{ kg.mm} = 35,809 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Persyaratan:

$$\begin{aligned} M_n &> M_u \text{ desain Lapangan dan Tumpuan} \\ 35,809 \text{ ton.m} &> 11,98 \text{ ton.m dan } 19,45 \text{ ton.m OKE!} \end{aligned}$$

Karena persyaratan terpenuhi, maka pada balok B2 25x60 dapat digunakan tulangan $A_s = 5D22$ dan $A_s' = 3D22$

4.3. Perhitungan Penulangan Geser Balok



Gambar 4.13 Gaya Geser yang terjadi pada Balok B3-25x60

Setelah perhitungan tulangan lentur, maka dilanjutkan dengan menghitung tulangan geser balok B3-25x60

Diketahui: V_u lapangan = 6217,11 kgf
 V_u tumpuan = 12840,68 kgf

4.3.1. Perhitungan Tulangan Geser Daerah Lapangan

Persyaratan pertama yang harus dipenuhi dalam perhitungan tulangan geser yaitu:

$$\frac{V_{u,d}}{M_u} \leq 1 \text{ (SNI Beton 2847:2013 pasal 12.2.2)}$$

$$\frac{6217,11 \times 539}{11983360,5} \leq 1$$

$$0,279 \leq 1 \dots \text{ OKE!}$$

Menghitung kuat geser penampang beton, ϕV_c , dengan $\phi = 0,75$

Jika hanya ada gaya geser, maka $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b d$ (SNI 2847:2013, pasal 11.2.1.1) Dengan λ untuk beton normal yaitu = 1.

Pada penampang balok B3-25x60 ini timbul momen terfaktor M_u yang terjadi secara simultan dengan V_u , maka V_c dihitung dengan perhitungan lebih rinci yaitu:

$$V_c = (0,16 \lambda \sqrt{f'c} + 17 \rho_w \frac{V_{u,d}}{M_u}) b_w d < 0,29 \lambda \sqrt{f'c} b_w d$$

Dimana:

$$\rho_w = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_w = \frac{1899,7}{250.539}$$

$$\rho_w = 0,01409 \text{ maka,}$$

$$V_c = (0,16 \lambda \sqrt{f'c} + 17 \rho_w \frac{V_{u,d}}{M_u}) b_w d < 0,29 \lambda \sqrt{f'c} b_w d$$

$$V_c = (0,16 \cdot 1 \cdot \sqrt{21,15} + 17 \cdot 0,01409 \cdot 0,279) \cdot 250 \cdot 539 < \\ = 0,29 \cdot 1 \cdot \sqrt{21,15} \cdot 250 \cdot 539$$

$$108183,496 \text{ N} < 179714,019 \text{ N} \dots \text{ OKE!}$$

Selanjutnya yaitu pengecekan penulangan geser dan ukuran penampang sesuai SNI beton 2847:2013, yaitu:

- Jika $V_u < 0,5 \phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser
- Jika $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$, maka perlu tulangan geser minimum

- Jika $V_u > \phi V_c$, maka perlu tulangan geser, $V_s = V_u/\phi - V_c$
- Jika $V_s > 0,5\sqrt{f'c'} b_w d$, maka penampang harus diperbesar.

$$\begin{aligned} V_u &< 0,5 \phi 10818,35 \text{ kg} \\ 6217,11 \text{ kg} &< 0,5 \cdot 0,75 \cdot 10818,35 \text{ kg} \\ 6217,11 \text{ kg} &> 4056,88 \text{ kg} \dots \text{ OKE!} \end{aligned}$$

Karena nilai $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$, maka harus disediakan tulangan geser minimum untuk daerah lapangan.

Untuk daerah lapangan spasi maksimum diambil antara nilai $d/2$ dengan 600 mm.

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{d}{2} = \frac{539}{2} \\ &= 269,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan S yaitu $200 \text{ mm} < 269,5 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$ sehingga:

$$\begin{aligned} A_{v \min} &= \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \\ &= \frac{250 \cdot 200}{3 \cdot 240} = 69,44 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$D8 = 2 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > 69,44 \text{ mm}^2 \text{ OKE!}$$

Jadi, untuk daerah tumpuan digunakan tulangan sengkang D8-200.

4.3.2. Perhitungan tulangan geser daerah tumpuan

Persyaratan pertama yang harus dipenuhi dalam perhitungan tulangan geser yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{V_u \cdot d}{M_u} &\leq 1 \text{ (SNI Beton 2847:2013 pasal 12.2.2)} \\ \frac{12840,68 \times 539}{19454577,7} &\leq 1 \\ 0,356 &\leq 1 \dots \text{ OKE!} \end{aligned}$$

Menghitung kuat geser penampang beton,

ϕV_c , dengan $\phi = 0,75$

Jika hanya ada gaya geser, maka $V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'c'} b d$ (SNI 2847:2013, pasal 11.2.1) Dengan λ untuk beton normal yaitu = 1.

Pada penampang balok B3-25x60 ini timbul momen terfaktor M_u yang terjadi secara simultan dengan V_u , maka V_c dihitung dengan perhitungan lebih rinci yaitu:

$$V_c = (0,16 \lambda \sqrt{f'c'} + 17 \rho_w \frac{V_{u,d}}{M_u}) b_w d < 0,29 \lambda \sqrt{f'c'} b_w d$$

Dimana:

$$\rho_w = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_w = \frac{1899,7}{250.539}$$

$$\rho_w = 0,01409 \quad \text{maka,}$$

$$V_c = (0,16 \lambda \sqrt{f'c'} + 17 \rho_w \frac{V_{u,d}}{M_u}) b_w d < 0,29 \lambda \sqrt{f'c'} b_w d$$

$$V_c = (0,16 \cdot 1 \sqrt{21,15} + 17 \cdot 0,01409 \cdot 0,356) 250 \cdot 539 < 0,29 \cdot 1 \sqrt{21,15} 250 \cdot 539$$

$$11064,17 < 179714,019 \dots \text{ OKE!}$$

Selanjutnya yaitu pengecekan penulangan geser dan ukuran penampang sesuai SNI beton 2847:2013, yaitu:

- Jika $V_u < 0,5 \phi V_c$, maka tidak perlu tulangan geser
- Jika $0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$, maka perlu tulangan geser minimum
- Jika $V_u > \phi V_c$, maka perlu tulangan geser, $V_s = V_u / \phi - V_c$
- Jika $V_s > 0,5 \sqrt{f'c'} b_w d$, maka penampang harus diperbesar.

$$V_u < 0,5 \phi 11064,17 \text{ kg}$$

$$12840,68 \text{ kg} < 0,5 \cdot 0,75 \cdot 11064,17 \text{ kg}$$

$$12840,68 \text{ kg} > 4149,065 \text{ kg} \dots \text{ OKE!}$$

Karena nilai $V_u > 0,5 \phi V_c$, maka harus disediakan tulangan geser untuk daerah tumpuan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.4.6 dimana V_s digunakan pada persamaan

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot t \cdot d}{s}$$

Hitung kebutuhan tulangan sengkang

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\&= \frac{12840,68}{0,75} - 11064,17 \\&= 6056,73\end{aligned}$$

Spasi maksimum diambil antara nilai $d/4$ dengan 300 mm

$$\begin{aligned}S_{\max} &= \frac{d}{4} = \frac{539}{4} \\&= 134,75 \text{ mm}\end{aligned}$$

Direncanakan $S = 100\text{mm} < 134,75 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$, sehingga:

$$\begin{aligned}A_v &= \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} \\&= \frac{6056,73 \cdot 134,75}{240 \cdot 539} \\&= 4,68 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{v \min} &= \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \\&= \frac{250 \cdot 100}{3 \cdot 240} = 34,72 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$D8 = 2 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times 8^2 = 100,48 \text{ mm}^2 > 34,72 \text{ mm}^2 \dots$$

OKE!

Jadi, untuk daerah tumpuan digunakan tulangan sengkang D8-100.

DIMENSI	25 x 60	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
BALOK B3		
	TUL. ATAS	5 D 22
TUL. BAWAH	3 D 22	3 D 22
SENGKANG	Ø8-100	Ø8-150
TUL. PINGGANG	2 D12	2 D12

Gambar 4.14 Penulangan Balok B3-25x60

4.4. Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 2

Perhitungan tulangan kolom, dilakukan dengan bantuan program PCA-COL. Pada kolom K7-65x65 di lantai 2, terpasang tulangan 16D22 ($A_s = 6079,04 \text{ mm}^2$).

Diketahui:

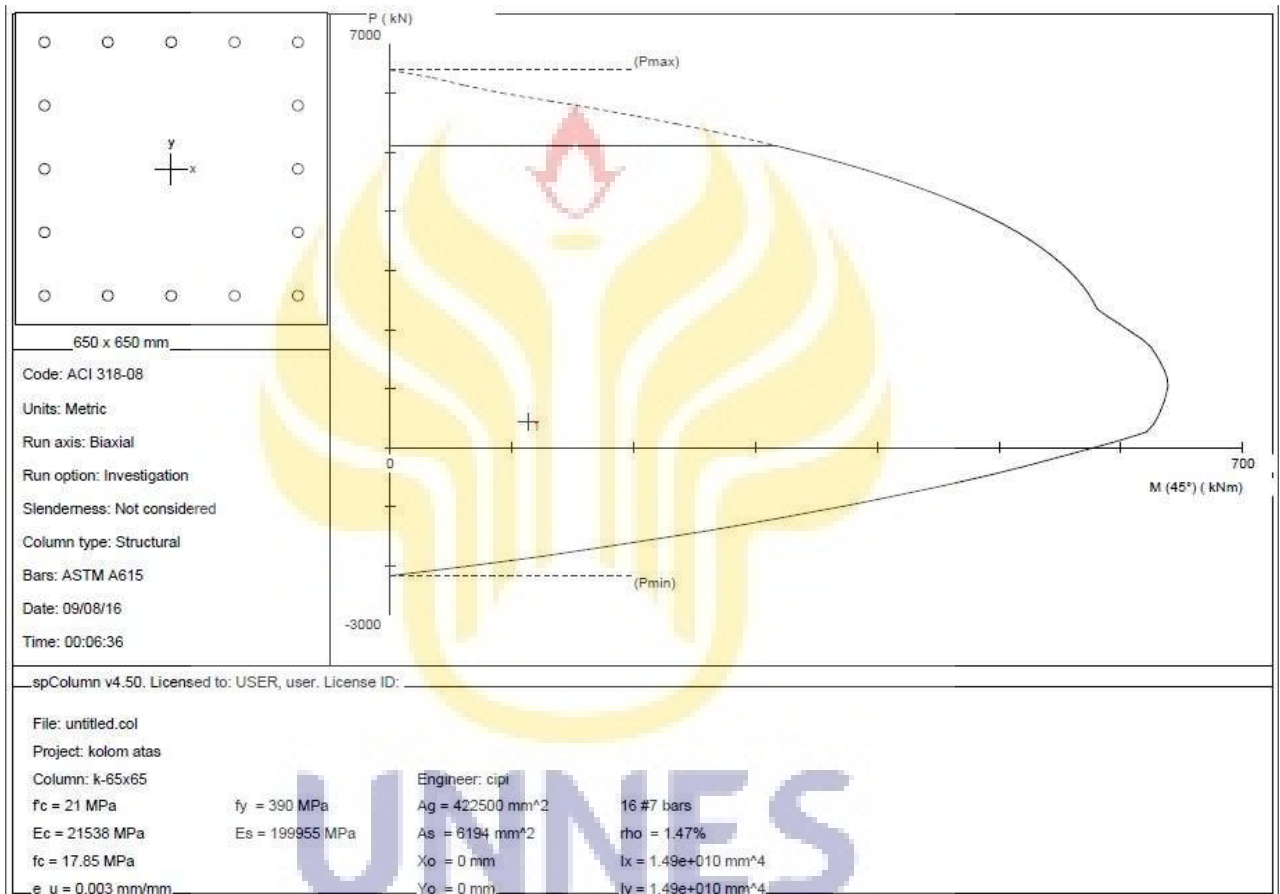
b	650	mm		
h	650	mm		
d'	4	cm		
D tul utama	22	mm	Jumlah	16
D sengkang	10	mm	Jumlah	2
d	589	mm		
fc	21,15	MPa		
fy	390	MPa		
Pu	433,063	kN	43306,3	kg
Mu	80,656	kN.m	8065600	kg.mm
vu	34,76	kN	3476	kg
ϕ	0,75			
Ag	422500	mm ²	4225	cm ²
1%Ag	4225	mm ²	42,25	cm ²
λ	1			

Tabel 4.28 Data Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 2 K7-65x65

P_u kolom K7-65x65 = 433,063 kN

Luas tulangan (A_s) = 1% . $A_g = 0,01 \times 4225 = 42,25 \text{ cm}^2$

M_u kolom K7-65x65 = 80,656 kN.m



Gambar 4.15 Interaksi P-M Kolom Lantai 2 K7-65x65

4.4.1. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Untuk kolom K7-65x65lantai 2. Langkah pertama adalah menghitung M_m , menggunakan persamaan (11-6) dalam SNI 2847-2013. Bila M_m seperti yang dihitung dengan persamaan (11-6) adalah negatif, maka V_c harus dihitung dengan persamaan (11-7)

$$M_m = M_u - P_u \frac{(4h-d)}{8}$$

$$M_m = 8065600 - 43306,3 \frac{(4.1000-589)}{8}$$

$$M_m = -2820521,163$$

Karena M_m bernilai negatif (-), maka V_c dihitung menggunakan persamaan (11.7)

$$V_c = 0,29 \lambda \sqrt{f'c'} b.d \sqrt{1 + \frac{0,29.Nu}{Ag}}$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal. $Nu = Pu$ yang didapat dari program SAP2000 dan $Ag =$ luas bruto penampang beton (mm^2)

$$\begin{aligned} Ag &= b \times h \\ &= 650 \times 650 \\ &= 422500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, V_c sudah dapat dihitung:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,29 \lambda \sqrt{f'c'} b.d \sqrt{1 + \frac{0,29.Nu}{Ag}} \\ &= 0,29 \lambda \sqrt{21,15} . 650 . 589 \sqrt{1 + \frac{0,29 . 43306,3}{422500}} \\ &= 518134,4524 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek persyaratan tulangan geser sesuai SNI 2847-2013

$$V_u < \phi V_c$$

$$3476 < 0,75 . 518134,4524 \text{ kg}$$

$$3476 < 388600,8393 \text{ kg OKE!}$$

Jadi, karena $V_u < \phi V_c$ maka kolom tidak membutuhkan tulangan geser, namun dalam SNI tetap mengharuskan untuk menyediakan tulangan geser minimum pada semua bagian struktur beton bertulang sehingga dipasang tulangan geser D10-100 untuk daerah tumpuan dan D10-150 untuk daerah lapangan.

4.5. Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 1

Perhitungan tulangan kolom, dilakukan dengan bantuan program PCA-COL. Pada kolom K7-65x65 di lantai 1, terpasang tulangan 16D22 ($A_s = 6079,04 \text{ mm}^2$)

Diketahui:

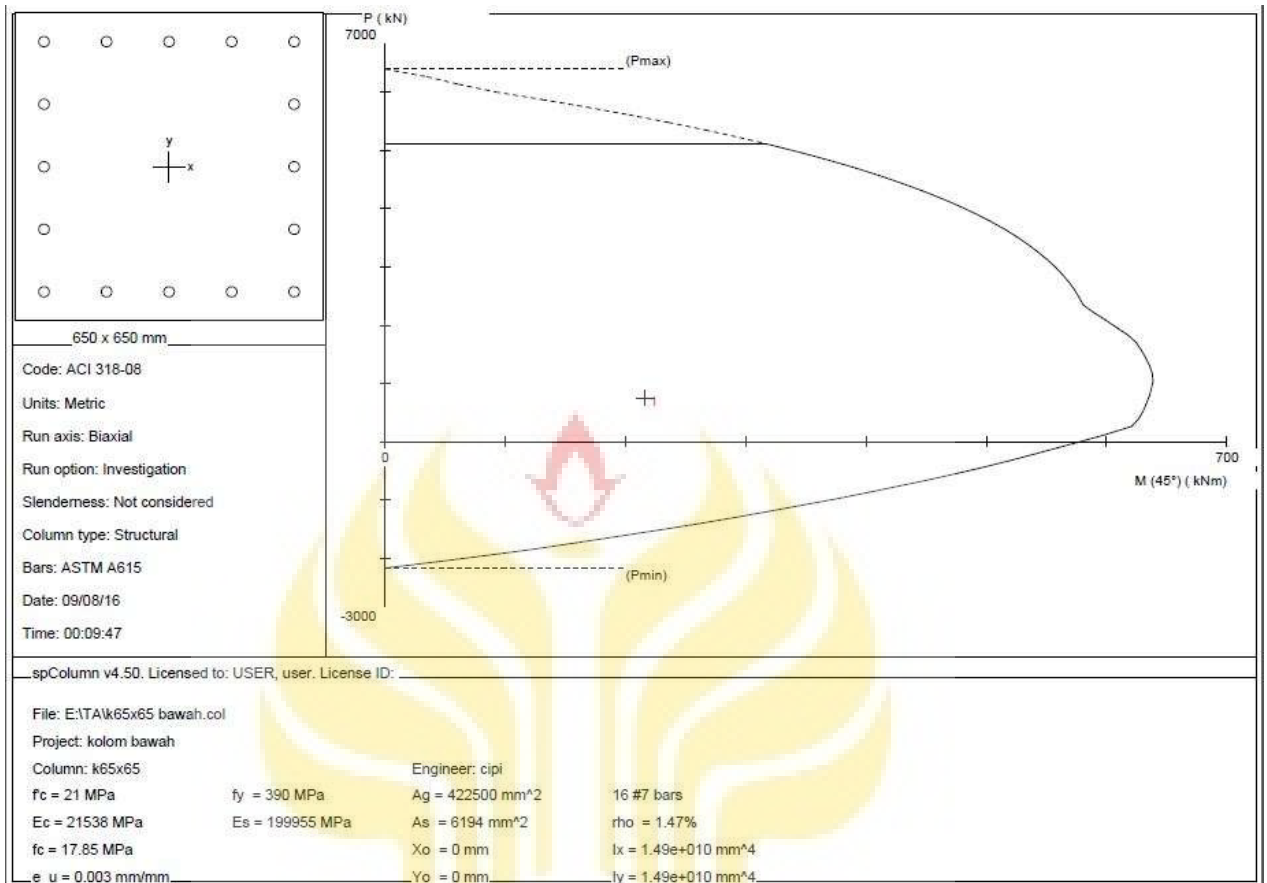
b	650	mm		
h	650	mm		
d'	4	cm		
D tul utama	22	mm	Jumlah	16
D sengkang	10	mm	Jumlah	2
d	589	mm		
fc	21,15	MPa		
fy	390	MPa		
Pu	752	kN	75200	kg
Mu	153,56	kN.m	15356000	kg.mm
vu	44,223	kN	4422,3	kg
ϕ	0,75			
Ag	422500	mm ²	4225	cm ²
1%Ag	4225	mm ²	42,25	cm ²
λ	1			

Tabel 4.29 Data Perhitungan Tulangan Kolom Lantai 1 K7-65x65

$$P_u \text{ kolom K7-65x65} = 752 \text{ kN}$$

$$\text{Luas tulangan (A}_s\text{)} = 1\% \cdot A_g = 0,01 \times 4225 = 42,25 \text{ cm}^2$$

$$M_u \text{ kolom K7-65x65} = 153,56 \text{ kN.m}$$



Gambar 4.16 Interaksi P-M Kolom Lantai 1 K7-65x65

4.5.1. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Untuk kolom K7-65x65 lantai 1. Langkah pertama adalah menghitung M_m , menggunakan persamaan (11-6) dalam SNI 2847-2013. Bila M_m seperti yang dihitung dengan persamaan (11-6) adalah negatif, maka V_c harus dihitung dengan persamaan (11-7)

$$M_m = M_u - P_u \frac{(4h-d)}{8}$$

$$M_m = 15356000 - 75200 \frac{(4 \cdot 1000 - 589)}{8}$$

$$M_m = -16707400$$

Karena M_m bernilai negatif (-), maka V_c dihitung menggunakan persamaan (11.7)

$$V_c = 0,29 \lambda \sqrt{f_c'} b.d \sqrt{1 + \frac{0,29 N_u}{A_g}}$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk beton normal. $N_u = P_u$ yang didapat dari program SAP2000 dan $A_g =$ luas bruto penampang beton (mm^2)

$$\begin{aligned} A_g &= b \times h \\ &= 650 \times 650 \\ &= 422500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi, V_c sudah dapat dihitung:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,29 \lambda \sqrt{f'_c} b.d \sqrt{1 + \frac{0,29.N_u}{A_g}} \\ &= 0,29 \lambda \sqrt{21,15} \cdot 650 \cdot 589 \sqrt{1 + \frac{0,29 \cdot 15356000}{422500}} \\ &= 523613,1502 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek persyaratan tulangan geser sesuai SNI 2847-2013

$$V_u < \phi V_c$$

$$4422,3 < 0,75 \cdot 523613,1502 \text{ kg}$$

$$4422,3 < 392709,8627 \text{ kg} \dots \text{ OKE!}$$

Jadi, karena $V_u < \phi V_c$ maka kolom tidak membutuhkan tulangan geser, namun dalam SNI tetap mengharuskan untuk menyediakan tulangan geser minimum pada semua bagian struktur beton bertulang sehingga dipasang tulangan geser D10-100 untuk daerah tumpuan dan D10-150 untuk daerah lapangan.

4.6. Perhitungan Penulangan Hubungan Balok Kolom

Pada perhitungan sebelumnya diperoleh:

$$M_{pr-1} = M_{pr-2} = 35,809 \text{ ton.m}$$

$$M_{pr3} \text{ kolom atas} = 8,065 \text{ ton.m}$$

$$M_{pr4} \text{ kolom bawah} = 15,356 \text{ ton.m}$$

$$L_u \text{ kolom atas} = 3,2 \text{ m}$$

$$L_u \text{ kolom bawah} = 5,6 \text{ m}$$

$$V_e \text{ kolom} = (M_{pr3} + M_{pr4})/L_u$$

$$= (8,065 + 15,356)/3,2 = 7,32 \text{ ton}$$

Di bagian lapis atas balok, baja tulangan yang dipakai adalah 5D22 ($A_s = 18,99 \text{ cm}^2$), gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok bagian kiri dan kanan:

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 18,99 \times 3900 = 92576,25 = 92,57 \text{ ton}$$

$$T2 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 18,99 \times 3900 = 92576,25 = 92,57 \text{ ton}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri:

$$C1 = T1$$

$$C2 = T2$$

$$V_u = V_j = V_e \text{ kolom} - T1 - C2 = 7,32 - 92,57 - 92,57 = -177,83 \text{ ton (kiri)}$$

Kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot A_j = 1,7 \times \sqrt{21,15} \times (650 \times 650) = 3303,169 \text{ ton}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 3303,169 = 2477,38 \text{ ton} > -643,39 \text{ ton}$$

Dengan demikian, joint mempunyai kuat geser yang memadai.

4.7. Perhitungan Penulangan Plat Lantai

Metode yang digunakan untuk menghitung tulangan pelat lantai adalah metode *trial and error*. Data yang harus dimiliki adalah $f'_c = 21,15 \text{ MPa}$, $f_y = 390 \text{ MPa}$, $b = 1000 \text{ mm}$, $d = 100 \text{ mm}$, $h = 120 \text{ mm}$, dan A_s . A_s adalah data yang akan dicari, sehingga A_s yang harus di-trial dan error sampai momen kapasitas memenuhi. Dicoba menggunakan tulangan 10D12.

$$\begin{aligned} D12 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 132 \\ &= 113,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10D12 &= 113,04 \times 10 \\ &= 1130,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sifat keruntuhan penampang dapat diketahui dengan membandingkan jumlah luas tulangan tarik yang ada.

$$A_s < A_{sb} \rightarrow \text{daktail}$$

$$A_s > A_{sb} \rightarrow \text{getas}$$

Untuk mencari luas tulangan tarik balans, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_{sb} = \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} b d \left(\frac{510}{600 + f_y} \right)$$

$$A_{sb} = 0,85 \frac{21,15}{390} 1000 100 \left(\frac{510}{600 + 390} \right)$$

$$A_{sb} = 2374,65 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{sb} \text{ (Under reinforced)}$$

Dengan demikian tinggi balok desak adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} a &= (A_s \cdot f_y) / (0.85 \cdot f'_c \cdot b) \\ &= (1130,4 \times 390) / (0.85 \times 21,15 \times 1000) \\ &= 24,52 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga momen lentur penampang adalah :

$$\begin{aligned} M_{ucap} &= A_s \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 1130,4 \times 390 (100 - 24,52 / 2) \\ &= 3868070,544 \text{ kg.mm} = 3,868 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$M_{1des} = 0,369 \text{ ton.m}$$

$$M_{2des} = 0,459 \text{ ton.m}$$

$$M_{ukapasitas} > M_{udesain} \rightarrow \text{OKE!}$$

Sehingga pada pelat lantai dengan tebal 120 mm, digunakan 10 tulangan dengan diameter 12 mm per meternya.

Gambar Detail Plat Lantai lihat lampiran

4.8. Perhitungan Penulangan Tangga

Seperti penulangan pelat, penulangan tangga juga menggunakan metode *trial and error*. Data yang harus dimiliki adalah $f'_c = 21,15 \text{ MPa}$, $f_y = 390 \text{ MPa}$, $b = 1000 \text{ mm}$, $d = 100 \text{ mm}$, $h = 200 \text{ mm}$, dan A_s . A_s adalah data yang akan dicari, sehingga A_s yang harus di-*trial and error* sampai momen kapasitas memenuhi. Dicoba menggunakan tulangan 10D16.

$$\begin{aligned} D16 &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 162 \\ &= 200,96 \text{ mm}^2 \\ 10D16 &= 200,96 \times 10 \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sifat keruntuhan penampang dapat diketahui dengan membandingkan jumlah luas tulangan tarik yang ada.

$$A_s < A_{sb} \rightarrow \text{daktail}$$

$$A_s > A_{sb} \rightarrow \text{getas}$$

Untuk mencari luas tulangan tarik balans, digunakan persamaan sebagai berikut:

$$A_{sb} = \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} b d \left(\frac{510}{600+f_y} \right)$$

$$A_{sb} = 0,85 \frac{21,15}{390} 1000 100 \left(\frac{510}{600+390} \right)$$

$$A_{sb} = 2374,65 \text{ mm}^2$$

$$A_s < A_{sb} \rightarrow \text{Under reinforced}$$

Dengan demikian tinggi balok desak adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} a &= (A_s \cdot f_y) / (0,85 \cdot f'_c \cdot b) \\ &= (2009,6 \times 390) / (0,85 \times 21,15 \times 1000) \\ &= 43,595 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga momen lentur penampang adalah :

$$\begin{aligned} M_{ucap} &= A_s \cdot f_y (d - a/2) \\ &= 2009,6 \times 390 (100 - 43,595/2) \\ &= 6129074,016 \text{ kg.mm} = 6,129 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$M_{11des} = 3,227 \text{ ton.m}$$

$$M_{22des} = 2,509 \text{ ton.m}$$

Mukapasitas > Mudesain \rightarrow OKE!

Sehingga pada pelat lantai dengan tebal 200 mm, digunakan 10 tulangan dengan diameter 16 mm per meternya.

Gambar Detail Tangga lihat lampiran

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

5. DESAIN STRUKTUR BAWAH

5.1. Kriteria Desain Struktur Bawah

Struktur bawah bangunan terdiri dari pondasi dan tanah pendukung pondasi. Pondasi berfungsi untuk mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan tersebut kedalam tanah dibawahnya. Suatu sistem

pondasi harus mampu mendukung beban bangunan di atasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa, dan lain-lain. Untuk itu pondasi haruslah kuat dan kaku agar tidak mengalami penurunan, tidak mengalami patah, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi. Selain itu ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam mendesain struktur pondasi yaitu kapasitas dukung tiang sesuai dengan persyaratan. Pengujian tiang berfungsi sebagai pengecekan kapasitas dukung tiang yang sudah direncanakan tetapi hanya dipilih beberapa titik pondasi saja, sehingga perlu pengecekan kapasitas dukung tiang berdasarkan pengujian tanah.

5.2. Perencanaan Tie Beam

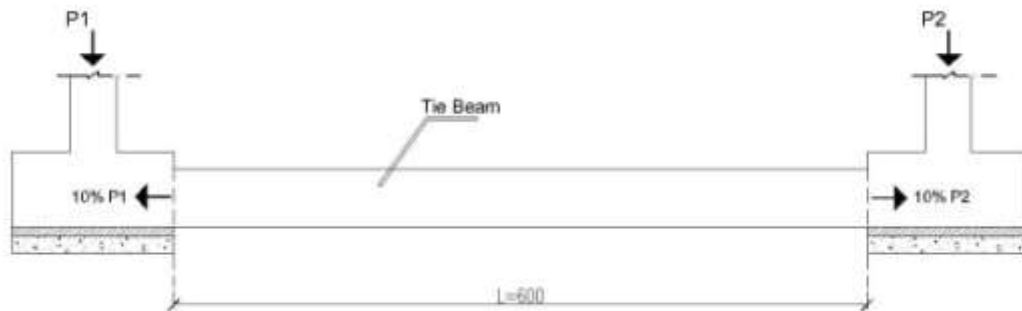
Tie beam merupakan balok penghubung atau pengikat antar pile cap yang berfungsi agar dapat mengantisipasi terjadinya tarikan atau tekanan akibat goyangan kolom dan meningkatkan kekakuan antar pile cap. Selain itu, perencanaan tie beam juga dimaksudkan agar struktur pondasi berperilaku jepit.

Pada pemodelan tie beam, frame design type yang digunakan adalah kolom. Input beban untuk pemodelan struktur ini adalah beban merata akibat berat dinding dan gaya horisontal yang terjadi pada reaksi tumpuan.

Dimana:

- P maks : Gaya vertikal (767,55 kN)
L : Bentang tie beam
W : Berat merata
H : 10 % P maks (gaya horisontal)

Bagian dasar dari kolom-kolom pada struktur diperlukan adanya balok-balok penghubung yang berfungsi untuk menyeragamkan penurunan yang terjadi pada struktur tersebut, maupun untuk mengantisipasi tarikan atau tekanan yang terjadi pada kolom yang bergoyang. Balok penghubung tersebut dinamakan tie beam.



Gambar 4.17 Permodelan Tie Beam

5.3. Perhitungan Tulangan Tie Beam

Pur (pile cap) tiang individu, pier bor, atau kaisan harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus mempunyai kuat tarik atau tekan desain paling sedikit sama dengan gaya yang sama dengan 10 persen SDS kali beban mati terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar.

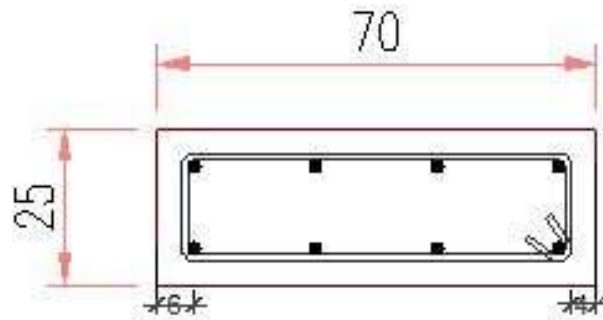
Dimensi *tie beam* yang direncanakan adalah:

B = 250 mm	$f'_c = 21,15 \text{ MPa}$	$D_{utama} = 19 \text{ mm}$
H = 700 mm	$f_y = 390 \text{ MPa}$	$D_{sengkan} = 10 \text{ mm}$
L = 6000 mm	d = 40 mm	SDS = 0,596

$$\begin{aligned}
 P_u &= 10\% \times \text{SDS} \times (1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}) \\
 &= 10\% \times 0,596 \times 788,689 \\
 &= 47,01 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5.4. Analisis Manual Tie Beam

Dalam analisis manual tie beam (*Wiryanto, 2005*) akan ditinjau pada dua arah momen, yaitu arah sumbu kuat atau sumbu lemah.



Gambar 4.18 Contoh Penampang Tie Beam

Catatan : diagram kurva interaksi Pn-M untuk hitungan manual ini ditentukan dari 3 titik saja, yaitu A ($\phi P_{n\text{-maks}}, 0$); B ($\phi P_{n\text{-bal}}, \phi M_{n\text{-bal}}$) dan C ($0, \phi M_n$).

5.4.1. Beban konsentrik titik A ($\phi P_{n\text{-maks}}, M_n=0$)

$$A_s = A_s' = 4.0,25.3,14.19^2 = 1134 \text{ mm}^2 \rightarrow A_{st} = 2.A_s = 2267 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 250 \times 700 = 175000 \text{ mm}^2$$

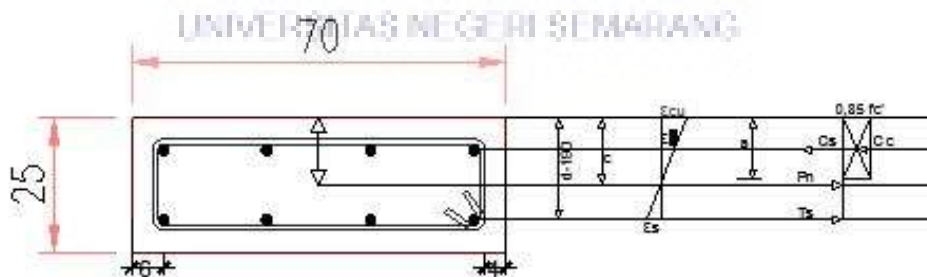
$$\begin{aligned} P_{n-0} &= 0,85.f_c'(A_g - A_{st}) + A_{st}.f_y \\ &= 0,85.21,15.(175000 - 2267) + 2267.390 \\ &= 3989467 \text{ N} = 3989 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{n\text{-maks}} = 0.8.P_{n-0} = 3192 \text{ kN}$$

Penampang terkendali tekan dengan sengkang maka $\phi = 0,65$

$$\phi P_{n\text{-maks}} = 0.65.3192 = 2075 \text{ kN}$$

5.4.2. Sumbu lemah titik B ($\phi P_{n\text{-bal}}, \phi M_{n\text{-bal}}$) – *Balanced*



Gambar 4.19 Contoh diagram regangan dan tegangan sumbu lemah titik B

jika $f_c' \leq 30 \text{ Mpa}$ maka $\beta_1 = 0,85$

jika $f_c' > 30$ Mpa maka $\beta_1 = 0,85 - (f_c' - 30) \cdot 0,05/7$

$$d = 250 - 40 - 10 - 19/2 = 190,5 \text{ mm}$$

$$d' = 250 - 190,5 = 59,5 \text{ mm}$$

$$ab = \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d = 0,85 \left(\frac{600}{600 + 390} \right) 190,5 = 98,136 \text{ mm}$$

$$Cb = ab/\beta_1 = 98,136/0,85 = 115,45 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot 98,136 \cdot 700 = 1235 \text{ kN}$$

$$\epsilon'_s = \frac{\epsilon_{cu}}{cb} (Cb - d') = \frac{0,003}{115,45} (115,45 - 59,5) = 0,00145$$

$$\epsilon_y = f_y/E_s = 390/200000 = 0,00195$$

CEK :

$$\epsilon_s' < \epsilon_y = 0,00145 < 0,00195 \text{ OKE!!}$$

$$C_s = \epsilon_s \cdot E_s \cdot A_s' = 0,00145 \cdot 200000 \cdot 1134 = 329619 \text{ N} = 330 \text{ kN}$$

$$T_s = f_y \cdot A_s = 390 \cdot 1134 = 442081 \text{ N} = 442 \text{ kN}$$

Menggunakan syarat keseimbangan gaya :

$$C_c + C_s - T_s - P_n = 0 \rightarrow P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$P_{nb} = 1235 + 330 - 442 = 1123 \text{ KN}$$

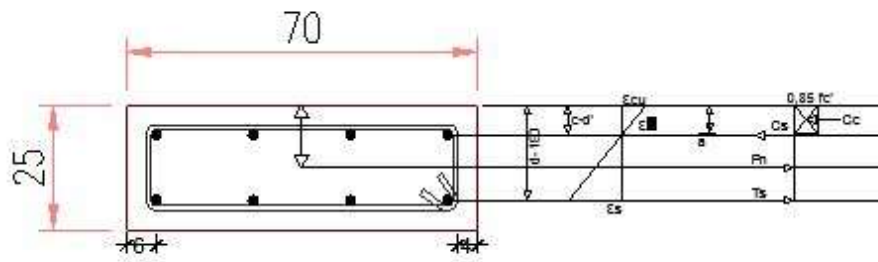
$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 1123 = 730 \text{ kN}$$

Dengan menganggap titik berat tulangan tarik sebagai refrensi, maka :

$$\begin{aligned} M_{nb} &= P_{nb}(0,5h - d') - C_c(d - 0,5ab) - C_s(d - d') \\ &= 1010(0,5 \cdot 250 - 59,5) - 1235(190,5 - 0,5 \cdot 98,136) - 659(190,5 - 59,5) \\ &= 73,52 - 174,66 - 43,18 \\ &= 144 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \cdot 144 = 94 \text{ kN.m}$$

5.4.3. Sumbu lemah titik C ($0, \phi M_n$) – Lentur murni



Gambar 4.20 Contoh diagram regangan dan tegangan sumbu lemah titik C

Trial #1 : anggap garis netral tepat di d' sehingga $Cs' = 0$

$$Ab = \beta_1 \cdot d' = 0,85 \cdot 59,5 = 50,575 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot ab \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot 50,575 \cdot 0,7 = 636 \text{ kN}$$

$$Ts = fy \cdot As = 442 \text{ kN}$$

CEK :

$$Cc > Ts = 636 \text{ kN} > 442 \text{ kN} \text{ maka } c < d'$$

Trial #2 : tulangan sisi atas adalah tekan (belum leleh)

$$\epsilon'_s = \frac{\epsilon_{cu} \cdot \beta_1}{a} \left(\frac{a}{\beta_1} - d' \right) = \epsilon_{cu} \frac{\epsilon_{cu} \cdot ab}{a}$$

$$\epsilon'_s = 0,003 - \frac{0,003 \cdot 50,575}{a} = 0,003 - \frac{0,152}{a}$$

$$f_s' = \epsilon'_s \cdot Es = \left(0,003 - \frac{0,152}{a} \right) 200000 = 600 - \frac{30345}{a}$$

$$Cs = f_s' \cdot As' = \left(600 - \frac{30345}{a} \right) 1134 = 680124 - \frac{34397271}{a}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot a \cdot 700 = 12584,25 a$$

$$Ts = fy \cdot As = 442081 \text{ N} = 442 \text{ kN}$$

Menggunakan syarat keseimbangan gaya :

$$Cc + Cs - Ts = 0$$

$$12584,25a + \left(680124 - \frac{34397271}{a} \right) - 442081 = 0$$

$$12584,25a + \left(\frac{34397271}{a} \right) - 238043 = 0$$

$$a^2 + 18,92a - 2733,4 = 0 \rightarrow a = 43,67 \text{ mm}$$

$$c = a/\beta_1 = 43,67/0,85 = 51,38 \text{ mm} < d' = 59,5 \text{ mm}$$

Dengan menganggap titik berat tulangan tarik sebagai referensi, maka :

$$C_c = 12584,25a = 12584,25 \cdot 51,38 = 549554 \text{ N}$$

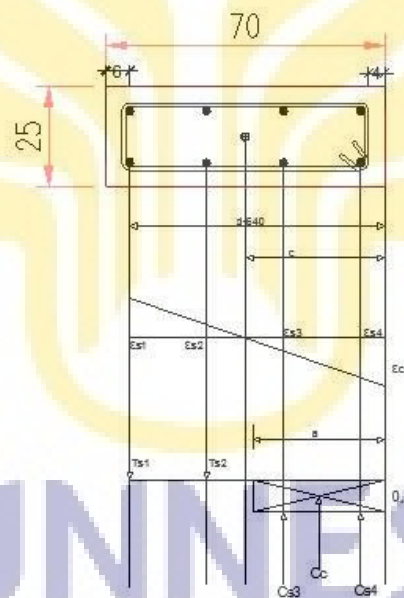
$$C_s = 680124 - \left(\frac{34397271}{51,38} \right) = -107540 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c (d - 0,5a) - C_s (d - d') \\ &= 549554 (190,5 - 0,5 \cdot 51,38) - (-107540)(190,5 - 59,5) \\ &= 106778252 \text{ N.mm} \\ &= 107 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 107 = 69 \text{ kN.m}$$

Penampang lentur tanpa aksial jadi $\phi = 0,65$

5.4.4. Sumbu kuat titik B (ϕP_n -bal, ϕM_n -bal) – *Balanced*



Gambar 4.21 Diagram regangan dan tegangan pada sumbu kuat titik B

$$d = 700 - 40 - 10 - 19/2 = 640,5 \text{ mm}$$

$$d' = 500 - 440,5 = 59,5 \text{ mm}$$

$$C_b = \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) d = \left(\frac{600}{600 + 390} \right) 640,5 = 388,18 \text{ mm}$$

$$ab = \beta_1 \cdot C_b = 0,85 \cdot 388,18 = 329,95 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot 329,95 \cdot 250/1000 = 1483 \text{ kN}$$

Regangan dan tegangan untuk setiap lapis tulangan :

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_y = \frac{fy}{Ey} = 0,00195 \rightarrow Ts1 = fy \cdot As = 110,5 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_y \frac{(d - cb) - 190}{(d - cb)} = 0,00048 \rightarrow Ts2 = \varepsilon_{s2} \cdot Es \cdot As = 27,3 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s3} = \frac{\varepsilon_{cu}}{cb} (Cb - 255) = 0,00103 \rightarrow Cs3 = \varepsilon_{s3} \cdot Es \cdot As = 58,30 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{\varepsilon_{cu}}{cb} (Cb - 62,5) = 0,00254 \rightarrow Cs4 = fy \cdot As = 144 \text{ kN}$$

Menggunakan syarat keseimbangan gaya :

$$Cc + \Sigma Cs - \Sigma Ts - Pn\text{-bal} = 0$$

$$Pn\text{-bal} = Cc + \Sigma Cs - \Sigma Ts = 1483 + 202,3 - 137,8 = 1547 \text{ kN}$$

$$\phi Pn\text{-bal} = 0,65 \cdot 1547 = 1006 \text{ kN}$$

Penampang dan tulangan simetris maka pusat *centroid* ada pada titik berat kemudian dijadikan referensi untuk menghitung momen :

$$\begin{aligned} Mn\text{-bal} &= Cc(0,5h - 0,5ab) + Cs4(0,5h - 59,5) + Cs3(0,5h - 255) + Ts2(0,5h - 255) + Ts1(0,5h - 59,5) \\ &= 274378 + 3821 + 13677 + 2593 + 32106 \\ &= 326575 \text{ kN.mm} = 327 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\phi Mn\text{-bal} = 0,65 \cdot 327 = 212 \text{ kN.m}$$

5.4.5. Sumbu kuat titik C ($0, \phi Mn$) – Lentur murni

Trial #1 : anggap garis netral tepat di titik 4 sehingga $c = 255 \text{ mm}$

$$ab = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 255 = 216,75 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot 216,75 \cdot 250 / 1000 = 974 \text{ kN}$$

$$Cb = 255 \text{ mm}$$

Regangan dan tegangan untuk setiap lapis tulangan :

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_y = \frac{fy}{Ey} = 0,00195 \rightarrow Ts1 = fy \cdot As = 110,5 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_y \frac{(d - cb) - 190}{(d - cb)} = 0,00099 \rightarrow Ts2 = \varepsilon_{s2} \cdot Es \cdot As = 56 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{\varepsilon_{cu}}{cb} (Cb - 255) = 0,00000 \rightarrow Cs4 = \varepsilon_{s4} \cdot Es \cdot As = 0 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s5} = \frac{\varepsilon_{cu}}{cb} (Cb - 59,5) = 0,00230 \rightarrow Cs5 = fy \cdot As = 130,4 \text{ kN}$$

Jika dianggap bahwa semua tulangan tarik telah leleh maka $\Sigma T_s = 166,5 \text{ kN} < C_c$ maka blok desak masih terlalu besar.

Trial #2 : anggap garis netral tepat di titik 5 sehingga $c=62,5 \text{ mm}$

$$ab = \beta_1 \cdot c = 0,85 \cdot 62,5 = 52,0625 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot 52,0625 \cdot 250 / 1000 = 227 \text{ kN}$$

$$C_b = 59,5 \text{ mm}$$

Regangan dan tegangan untuk setiap lapis tulangan :

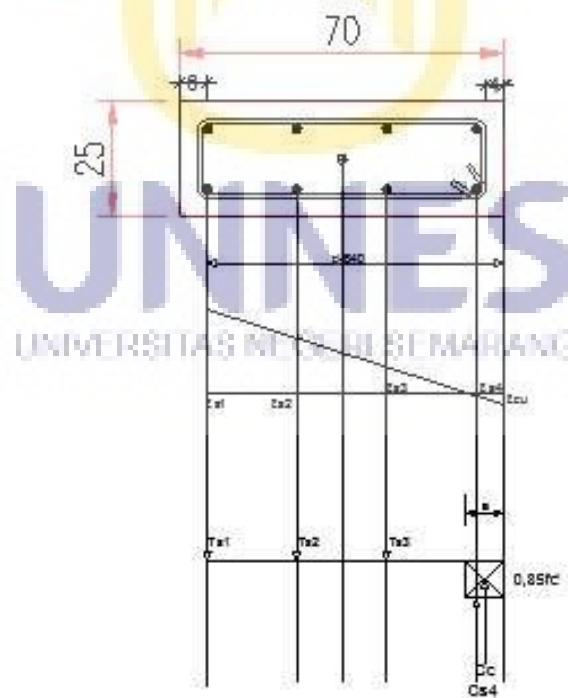
$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_y} = 0,00195 \rightarrow T_{s1} = f_y \cdot A_s = 110,5 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_y \frac{(d - cb) - 190}{(d - cb)} = 0,00131 \rightarrow T_{s2} = \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot A_s = 74,4 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s3} = \varepsilon_y \frac{(d - cb) - 250}{(d - cb)} = 0,00109 \rightarrow T_{s3} = \varepsilon_{s3} \cdot E_s \cdot A_s = 62 \text{ kN}$$

$$\varepsilon_{s4} = \varepsilon_y \frac{(d - cb) - 59,5}{(d - cb)} = -0,00000 \rightarrow C_{s4} = \varepsilon_{s4} \cdot E_s \cdot A_s = 0 \text{ kN}$$

Jika dianggap bahwa semua tulangan tarik telah leleh maka $\Sigma T_s = 246,9 \text{ kN} > C_c$ maka blok desak masih terlalu kecil.



Gambar 4.22 Diagram regangan dan tegangan pada sumbu kuat titik C

Trial #3 : garis netral antara titik 4 dan 5

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b = 0,85 \cdot 21,15 \cdot a \cdot 250 = 4494,375a$$

Mencari regangan pada tulangan yang terpasang dari perbandingan segitiga dapat diperoleh kesimpulan langsung mengenai regangan pada tulangan tersebut :

$$\epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \epsilon_y = 0,00195$$

$$A_{s1} = A_{s2} = 283 \text{ mm}$$

$$T_{s1} = T_{s2} = f_y \cdot A_s = 110520 \text{ N}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{\epsilon_{cu} - \beta_1}{a} \left(255 - \frac{a}{\beta_1} \right) = \frac{\epsilon_{cu} \cdot \beta_1 \cdot 255}{a} - \epsilon_{cu}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{0,003 \cdot 0,85 \cdot 255}{a} - 0,003 = \frac{0,65}{a} - 0,003$$

$$T_{s3} = \epsilon_{s3} \cdot E_s \cdot A_s = \left(\frac{0,65}{a} - 0,003 \right) \cdot 200000 \cdot A_s$$

$$T_{s3} = \left(\frac{130050}{a} - 600 \right) \cdot A_s$$

$$\epsilon_{s4} = \epsilon_y = 0,00195$$

$$C_{s4} = f_y \cdot A_s = 110520 \text{ N}$$

Menggunakan syarat keseimbangan gaya :

$$C_c + \Sigma C_s = \Sigma T_s$$

$$T_{s1} = T_{s2} = 110520 \text{ N}$$

$$T_{s3} = \left(\frac{130050}{a} - 600 \right) \cdot A_s$$

$$\Sigma T_s = 221040 + \left(\frac{130050}{a} - 600 \right) \cdot A_s$$

$$C_{s4} = 110520 \text{ N}$$

$$C_c = 4494,375a$$

$$\Sigma C = 110520 + 4494,375a$$

Menggunakan persamaan keseimbangan :

$$C_c + \Sigma C_s = \Sigma T_s$$

$$110520 + 4494,375a = 221040 + \left(\frac{130050}{a} - 600 \right) \cdot 283$$

$$110520 + 4494,375a = 221040 + \left(\frac{36804150}{a} - 169800 \right)$$

$$4494,375a - \frac{36804150}{a} + 59280 = 0$$

$$a^2 - 13,2a - 8188,94 = 0 \rightarrow a = 84,14 \text{ mm}$$

CEK:

$$\epsilon_{s3} = \frac{\epsilon_{cu} \cdot \beta_1}{a} = \left(225 - \frac{a}{\beta_1} \right)$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{0,003 \cdot 0,85}{84,14} = \left(225 - \frac{84,14}{0,85} \right) = 0,00473 > \epsilon_y$$

Leleh asumsi OKE!

Menggunakan syarat keseimbangan gaya :

$$T_{s1} = T_{s2} = T_{s3} = 110520 \text{ N}$$

$$T_{s3} = \left(\frac{98812}{84,14} - 600 \right) \cdot 283 = 267980 \text{ N}$$

$$\Sigma T_s = 221040 + 267980 = 49020 \text{ N}$$

$$C_{s5} = 110520 \text{ N}$$

$$C_c = 4494,375 \cdot 84,14 = 378157 \text{ N}$$

$$\Sigma C = 110520 + 378157 = 488677 \text{ N}$$

$$C_c + \Sigma C_s = \Sigma T_s \dots \text{OKE!}$$

Momen nominal terhadap titik berat *centroid* :

$$M_n = C_c(0,5h - 0,5ab) + C_{s4}(0,5h - 59,5) + T_{s3}(0,5h - 255) +$$

$$T_{s2}(0,5h - 255) + T_{s1}(0,5h - 59,5)$$

$$= 116445796 + 32106104 + 25458070 + 10499414 + 32106104$$

$$= 216615488 \text{ N.mm} = 217 \text{ kN.m}$$

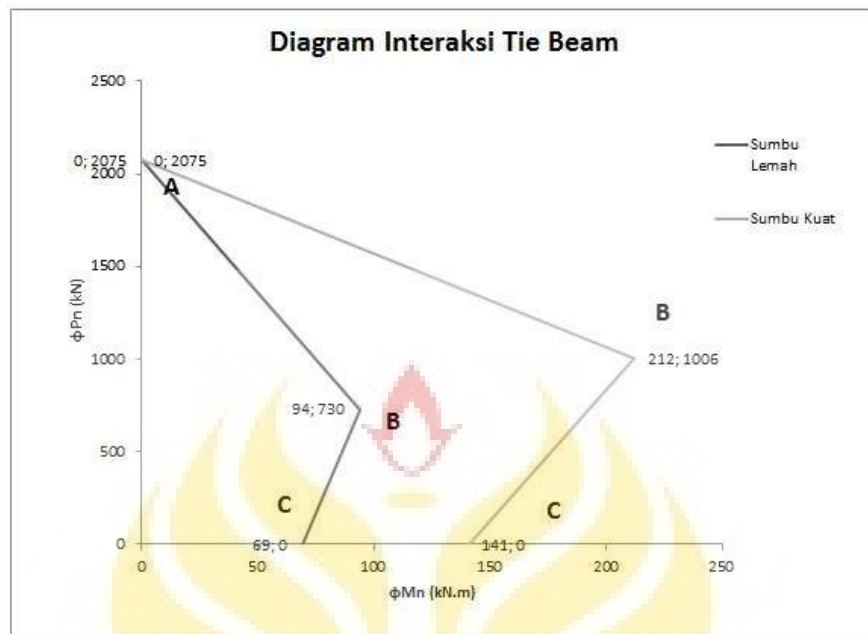
$$\phi M_n = 141 \text{ kN.m}$$

5.4.6. Digram Interaksi Tie Beam

Dari hasil hitungan manual diatas diperoleh kuat tekan nominal (P_n) dan momen nominal (M_n) sebagai berikut :

Tabel 4.30 Hasil Interaksi Tie Beam Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat

Titik	Lemah		Kuat	
	ϕP_n	ϕM_n	ϕP_n	ϕM_n
	kN	kN.m	kN	kN.m
A	2075	0	2075	0
B	730	94	1006	212
C	0	69	0	141



Gambar 4.23 Diagram interaksi sumbu lemah dan sumbu kuat Tie Beam

5.4.7. Penulangan Senggang Tie Beam

Langkah pertama adalah menghitung M_m , menggunakan persamaan (11-6) dalam SNI 2847_2013. Bila M_m seperti yang dihitung dengan persamaan (11-6) adalah negatif, maka V_c harus dihitung dengan persamaan (11-7).

$$M_m = M_u - P_u \frac{(4h-d)}{8}$$

$$M_m = 139,503 - 788,689 \frac{(4.0,7-0,6405)}{8}$$

$$M_m = -73,4 \text{ kNm}$$

Karena M_m adalah negatif, maka V_c harus dihitung menggunakan persamaan (11-7):

$$V_c = 0,29 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{0,29 N_u}{A_g}}$$

Dimana :

Nilai $\lambda = 1$ untuk beton normal

$$N_u = P_u = 788,689 \text{ kN}$$

$$A_g = b \times h$$

$$A_g = 250 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$$

$$A_g = 175000 \text{ mm}^2 = 0,175 \text{ m}^2$$

Jadi, V_c sudah dapat dihitung

$$V_c = 0,29.1. \sqrt{21,15} .0,25.0,6405. \sqrt{1 + \frac{0,29.788,689}{0,175}}$$

$$V_c = 7723 \text{ kN}$$

Jika $V_u < \phi V_c$, tidak membutuhkan tulangan geser maka :

$$V_u < \phi V_c$$

$$78,311 \text{ kN} < 0,75 \times 7723 \text{ kN}$$

$$78,311 \text{ kN} < 5778 \text{ kN} \rightarrow \text{OKE!!!}$$

Asumsi terbukti benar, jadi tie beam tidak membutuhkan tulangan geser.

Akan tetapi, tetap dipasang tulangan geser D10-100 untuk tumpuan dan D10-150 untuk lapangan.

5.5. Analisis Tie Beam dengan PCA COL

Perhitungan tulangan tie beam dilakukan dengan bantuan program PCA-COL. Pada Tie Beam AS D3-D4 lantai SB1, terpasang tulangan 10D19 diketahui data sebagai berikut :

$$\text{Lebar} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang} = 700 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal selimut} = 40 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$f_c' = 21,15 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

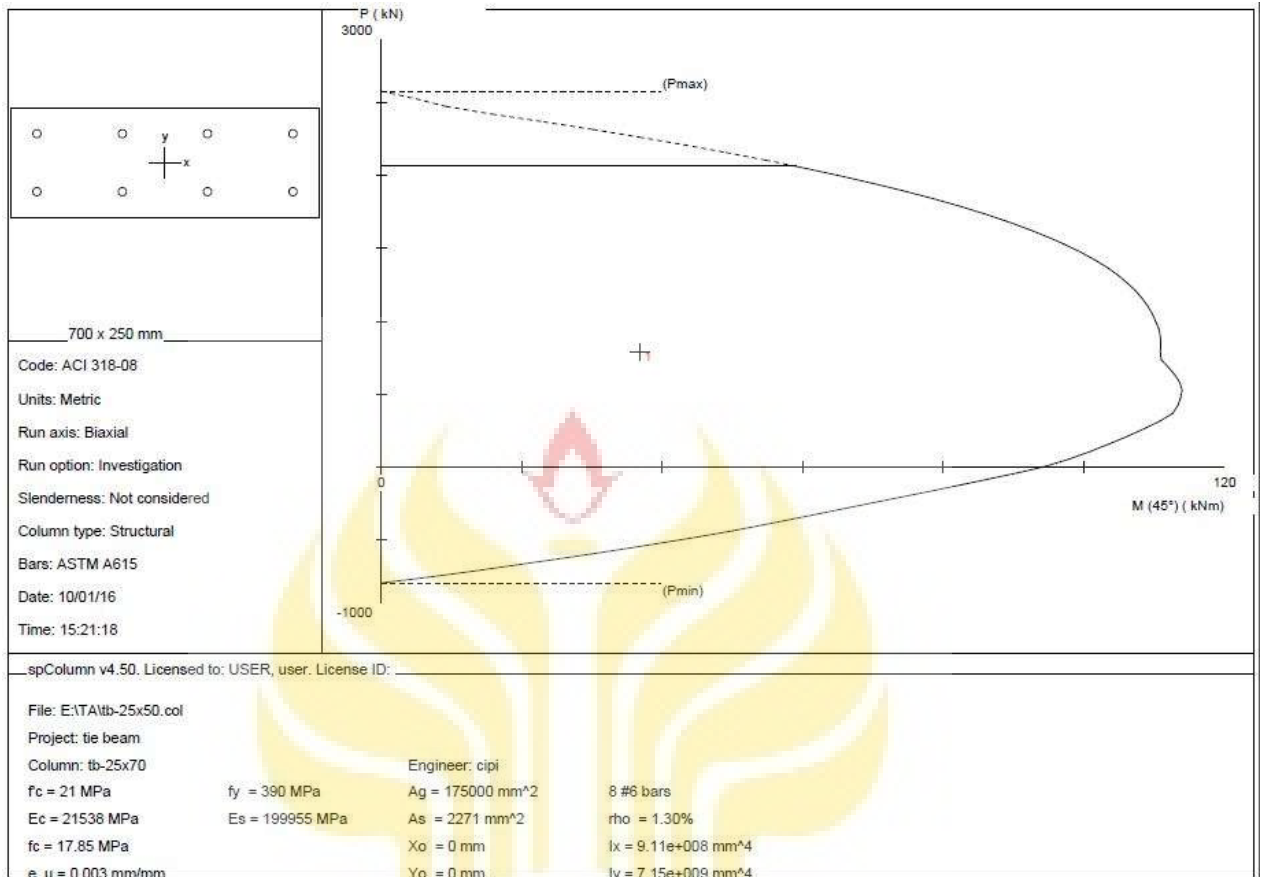
$$\text{Dutama} = 19 \text{ mm}$$

Beban (Load) :

$$P = 788,689 \text{ kN}$$

$$M_x \text{ tumpuan} = 26,88 \text{ kN.m}$$

$$M_x \text{ lapangan} = 13,44 \text{ kN.m}$$



Gambar 4.24 Pengecekan tulangan Tie Beam 25 x 70 dengan PCA-COL

5.6. Perhitungan Kapasitas Dukung Pile

Menurut *Hary Christady (2011)*, pondasi tiang pancang harus didesain untuk mengetahui kemampuan dan kapasitas tiang dalam menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Hitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Hitungan kapasitas dukung secara statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedangkan hitungan dengan cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Data pengujian tiang Bangunan Pasar Batang yang diperoleh dari PT. POLA DWIPA Semarang diantaranya :

Tipe : Pondasi Tiang mini
Diameter Tiang : 25 cm (Persegi)

A_{ujung} tiang	: 625 cm^2
Keliling tiang (O)	: 100 cm
q_c	: Perlawanan ujung sondir (kg/cm^2)
T_f	: Total friction (kg/cm)
Kedalaman	: 18 m
Kuat tekan beton (f_c')	: 42,30 MPa/ K-500
Pall	: 35 ton
Desain Pembebanan	: 200 ton
Beban Maksimum	: 400 ton

5.6.1. Penentuan Beban Ultimit Tiang Vertikal Secara Statis

Kapasitas dukung tiang secara statis dilakukan berdasarkan data Sondir pada 3 titik, Sondir S.I, S.II, S.III secara umum didapatkan hasil pengujian tanah sebagian besar adalah tanah lunak dengan nilai $q_c < 250 kg/cm^2$, dengan perhitungan pemancangan pada tanah lunak jika ujung tiang telah mencapai tanah keras, $Q_{ult} = Q_{ijin}$ sehingga

$$Q_{ijin} = (q_c \cdot A_{ujung})/3 + (T_f \cdot O)/10$$

$$Q_{ijin} = (58 \cdot 625)/3 + (745 \cdot 100) \text{ (Sondir I)}$$

$$Q_{ijin} = 12083,34 + 7450$$

$$Q_{ijin} = 19533,34 \text{ kg}$$

Titik Sondir	Kedalaman	Nilai q_c	T_f	Diameter Tiang	A_{ujung} Tiang	Keliling Tiang	Q_{ijin}
	m	kg/cm^2	kg/cm^1	cm	cm^2	cm	Kg
SB 1	18	58	745	25	625	100	19,533.33
SB 2	18	250	800	25	625	100	60,083.33
SB 3	18	83	730	25	625	100	24,591.67

Tabel 4.31 Nilai Q_{ijin} Sondir I, II, dan III

5.6.2. Penentuan Beban Ultimit Tiang Horizontal (Metode Broms)

- 1) Menentukan jenis tanah

Berdasarkan hasil penyelidikan di lapangan maupun labotarium jenis tanah adalah tanah kohesif yaitu tanah lempung/lunak.

2) Menentukan gaya horizontal ultimit berdasarkan defleksi toleransi 0.2 cm.

$$\begin{aligned} k_h &= n_h (z/d) \\ &= 471 (18/0,25) \\ &= 33912 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

n_h diperoleh berdasarkan nilai-nilai n_h untuk tanah kohesif (Poulos dan Davis, 1980).

$$\begin{aligned} E_p &= 15200 \sigma_r (f'c' / \sigma_r)^{0,5} \\ &= 15200 \cdot 0,1 (21,15/0,1)^{0,5} \\ &= 22105,36 \text{ N/mm}^2 \\ &= 22,10536 \times 10^6 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_p &= \frac{b \cdot h^3}{12} \\ &= \frac{0,25 \cdot 0,25^3}{12} \\ &= 3,255 \times 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_p I_p &= 22,10536 \times 10^6 \text{ kN/m}^2 \times 3,255 \times 10^{-4} \text{ m}^4 \\ &= 71,95 \times 10^2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \sqrt[4]{\frac{k_h \times d}{4 E_p I_p}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{33912 \times 0,25}{4 \times 71,95 \times 10^2}} \\ &= 0,736 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta L &= 0,736 \times 18 \text{ m} \\ &= 13,248 > 1,5, \end{aligned}$$

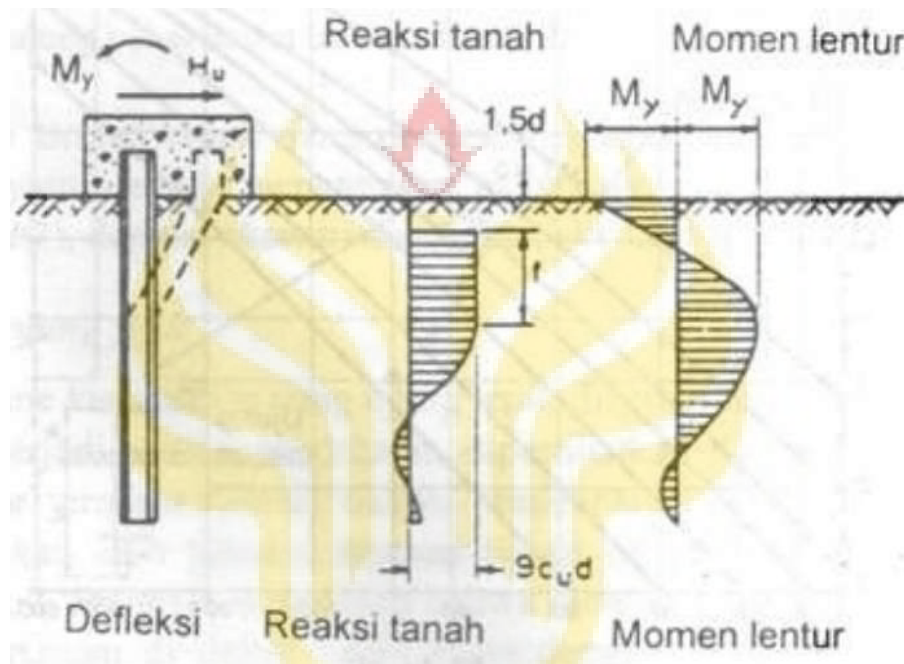
Tiang ujung jepit dianggap sebagai tiang panjang (tidak kaku) bila $\beta L > 1,5$, maka:

$$\begin{aligned} y_o &= \frac{H\beta}{k_h \times d} \\ H &= \frac{y_o \times k_h \times d}{\beta} \\ &= \frac{0,002 \times 33912 \times 0,25}{0,736} \\ &= 23,038 \text{ kN} \\ &= 2,3038 \text{ ton} \end{aligned}$$

3) Menentukan momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{maks} &= H_u (L/2 + 3d/4) \\ &= 2,3038 (18/2 + 3 \times 0,25/4) \\ &= 21,166 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$M_{maks} > M_y$ ($21,166 \text{ ton.m} > 6,4 \text{ ton.m}$), jadi tiang termasuk tiang panjang dan mekanisme keruntuhan tiang seperti gambar berikut:



Gambar 4.25 Mekanisme Keruntuhan Tiang Panjang Ujung Jepit Dalam Tanah Kohesif.

Dimensi Tiang (cm)	Max. Panjang Tanpa Sambungan (m)	Max. Final Prestressing Force (Ton)	Max. Ultimate Bending Moment (Ton.m)	Max. Beban Axial (Ton)	Berat per Meter (kg/m)
20 x 20	18,0	33,8	3,4	54,0	98
25 x 25	20,0	47,3	6,4	84,3	153

Tabel 4.32 Spesifikasi Prestressed Concrete Piles Ex-TONGGAK AMPUH

5.7. Redesain Jumlah Tiang Terpasang

Apabila jumlah tiang dalam satu *pile cap* sudah sesuai dengan jumlah tiang seharusnya setelah dilakukan redesain struktur atas bangunan seperti kolom dan balok, maka tidak perlu dilakukan redesain. Oleh karena itu perlu dianalisis jumlah tiang dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{Fz}{(1 \times Qallgrup)}$$

Fz = Beban vertikal

Qallgrup = Kapasitas dukung tiang grup

Contoh analisis tiang yang dibutuhkan:

1) Pondasi pada joint 187 (SAP2000 v17)

Tiang terpasang = 4 tiang

Fz = 123.5991 ton

Qallgrup = Qall x Es (Es = 0,7 ≤ Es ≤ 1)

= 19,54 x 1

= 19,54 ton

Maka nilai n = $\frac{Fz}{(1 \times Qallgrup)}$

$$= \frac{123,5991}{(1 \times 19,54)}$$

= 6,325 → 8 tiang

Nilai n < jumlah tiang terpasang yaitu 6,325 > 4, maka perlu dilakukan redesain pondasi pada joint 187 menjadi 8 tiang.

2) Pondasi pada joint 46 (SAP2000 v17)

Tiang terpasang = 3 tiang

Fz = 102,2694 ton

Qallgrup = Qall x Es (Es = 0,7 ≤ Es ≤ 1)

= 19,54 x 1

= 19,54 ton

Maka nilai n = $\frac{Fz}{(1 \times Qallgrup)}$

$$= \frac{102,2694}{(1 \times 19,54)}$$

= 5,233 → 6 tiang

Nilai n < jumlah tiang terpasang yaitu 5,233 > 3, maka perlu dilakukan redesain pondasi pada joint 46 menjadi 6 tiang.

Tabel 4.33 Data Pondasi yang perlu dilakukan Redesain.

No	Letak Pondasi	Tiang	Redesain	Letak Pondasi	Tiang	Redesain
----	---------------	-------	----------	---------------	-------	----------

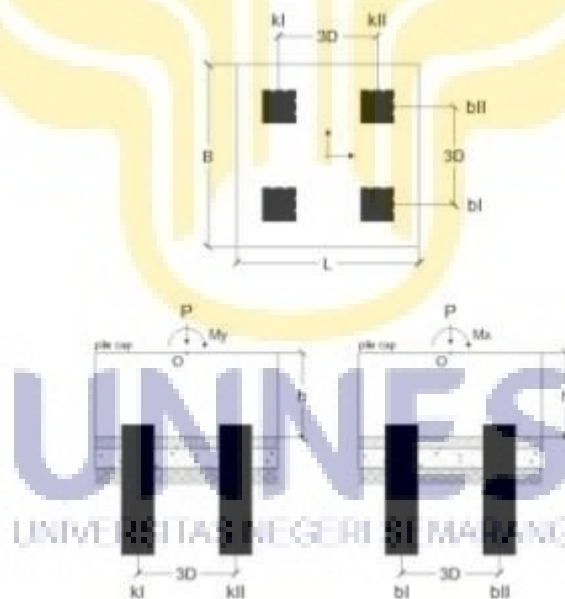
	(Joint)	Eksisiting	Jumlah Tiang		(Joint)	Eksisiting	Jumlah Tiang
1	17	3	4		172	3	6
2	18	4	6		173	3	6
3	19	3	4		174	3	6
4	20	3	6		175	3	6
5	21	3	4		176	3	6
6	22	3	6		177	3	6
7	23	3	4		178	3	6
8	24	3	6		179	3	6
9	29	3	4		180	3	6
10	30	3	4		182	3	6
11	31	3	4		183	4	6
12	32	3	6		184	4	6
13	33	3	4		185	4	6
14	34	3	6		186	4	6
15	35	3	4		187	4	8
16	36	3	6		188	4	6
17	42	4	6		189	4	6
18	43	4	6		190	4	6
19	46	3	6		191	4	6
20	47	3	6		192	4	6
21	85	3	4		194	3	6
22	98	3	4		195	3	4
23	99	3	4		203	3	4
24	100	3	6		204	3	4
25	101	3	6		205	3	4
26	102	3	6		206	3	6
27	103	3	6		209	3	6
28	104	3	6		210	3	6
29	105	3	6		211	3	4
30	106	3	6		212	3	4
31	107	3	6		213	3	6
32	108	3	6		214	3	6
33	110	3	6		215	3	6
34	111	4	6		216	3	6
35	112	4	6		217	3	6
36	113	4	6		218	3	4
37	114	4	6		219	3	4
38	115	4	8		220	3	4
39	116	4	6		221	3	4

40	117	4	6	222	3	4
41	118	4	6	248	2	4
42	119	4	6	253	2	3
43	120	4	6	258	2	3
44	122	3	6	263	2	3
45	123	3	4	276	3	6
46	131	3	4	307	4	6
47	132	3	4	308	4	6
48	157	3	6	309	3	4
49	170	3	4	317	3	4
50	171	3	6	1169	4	6

Gambar Redesain Keyplan Pondasi Dilampiran

5.8. Redesain Perhitungan Distribusi Reaksi Tumpuan ke Tiang

Beban yang didukung oleh tiang ke-i (Q_i) akibat beban P , M_x , dan M_y dalam sebuah pile cap adalah:



Gambar 4.26 Distribusi Reaksi Tumpuan ke Tiang

$$Q_i = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum y^2}$$

n = Jumlah tiang dalam satu pile cap

$\sum(x^2)$ = Jumlah kuadrat jarak x terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

$\sum(y^2)$ = Jumlah kuadrat jarak y terhadap titik pusat berat kelompok tiang (O).

X_i = Jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu x

Y_i = Jarak tiang ke-i terhadap titik O searah sumbu y

No.	X	Y	Σx^2	Σy^2
	Teks	Teks		
1	0.375	-0.375	0.140625	0.140625
2	0.375	0.375	0.140625	0.140625
3	-0.375	-0.375	0.140625	0.140625
4	-0.375	0.375	0.140625	0.140625

Tabel 4.34 Koordinat Sumbu x dan y Pondasi Joint 4

Contoh perhitungan Q berdasarkan kombinasi COMB2:

$$Q_i = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\Sigma y^2}$$

$$Q_i = \frac{33,7868}{4} \pm \frac{7,6559 \times 0,375}{0,5625} \pm \frac{1,28521 \times (-0,375)}{0,5625}$$

$$Q_i = 13,387 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{ dan seterusnya sampai tiang ke-4}$$

Contoh perhitungan Q berdasarkan kombinasi COMB5X:

$$Q_i = \frac{P}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\Sigma y^2}$$

$$Q_i = \frac{35,667}{4} \pm \frac{1,64993 \times 0,375}{0,5625} \pm \frac{4,83054 \times (-0,375)}{0,5625}$$

$$Q_i = 7,489 \text{ ton} \dots \dots \dots \text{ dan seterusnya sampai tiang ke-4 dan hingga}$$

kombinasi terakhir.

Dari perhitungan menggunakan Ms.Excel didapatkan data kombinasi beban pada pondasi grup tiang dibawah ini:

Kombinasi Pembebanan	Kondisi	Fz	Mx	My
Text	Text	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
COMB 2		33.7868	1.28521	7.6559
COMB 5X	Max	35.667	4.83054	1.64993
COMB 5X	Min	31.009	-3.66457	-4.91757
COMB 5Y	Max	35.3706	4.61206	1.74047
COMB 5Y	Min	31.3055	-10.4461	2.99189
COMB 6X	Max	36.9804	4.32317	6.61738
COMB 6X	Min	33.4867	-2.04933	-1.05829
COMB 6Y	Max	36.7581	2.40878	4.68591

COMB 6Y	Min	33.709	-7.13494	4.87319
COMB 8X	Max	25.3799	-3.70727	-14.2568
COMB 8X	Min	12.3013	-3.99171	-8.77054
COMB 8Y	Max	15.9332	-14.0303	-5.22975
COMB 8Y	Min	12.5978	-10.7732	-0.86108

Tabel 4.35 Kombinasi Beban pada Pondasi Grup Tiang

Distribusi	Q1	Q2	Q3	Q4	Max	Paksial Kolom
Pembebanan	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf
COMB 2	13.387	15.100	3.179	4.892	15.100	36.558
COMB 5X	7.489	13.930	5.289	11.730	13.930	38.439
COMB 5X	7.610	2.724	14.167	9.280	14.167	33.781
COMB 5Y	7.621	13.771	5.301	11.450	13.771	38.142
COMB 5Y	17.478	3.550	13.489	-0.439	17.478	34.077
COMB 6X	11.467	17.232	2.644	8.409	17.232	39.752
COMB 6X	9.725	6.993	11.136	8.404	11.136	36.258
COMB 6Y	11.400	14.612	5.153	8.364	14.612	39.530
COMB 6Y	17.126	7.612	10.628	1.115	17.126	36.481
COMB 8X	0.005	-4.938	19.014	14.071	19.014	28.151
COMB 8X	0.582	-4.740	12.276	6.954	12.276	15.073
COMB 8Y	10.543	-8.164	17.516	-1.191	17.516	18.705
COMB 8Y	10.450	-3.914	11.599	-2.766	11.599	15.369

Dari data tersebut didapatkan nilai Q_{maks} sebesar 19,014 ton, jadi $Q_{maks} < Q_{allgrup}$

yaitu 19,014 ton < 19,54 ton..... OKE!

Tabel 4.36 Q_{maks} dan Paksial Kolom

5.9. Perhitungan Penulangan Pile Cap

Kombinasi Pembebanan	Kondisi	Fux	Fuy	Fuz	Mux	Muy
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
COMB 1U		-0.0078	-4.3334	82.7635	9.34333	0.01
COMB 2U		-0.0169	-6.2167	104.3985	12.76439	-0.00969
COMB 5UX	Max	25.2598	-0.6189	92.6659	31.99077	87.87247
COMB 5UX	Min	-25.2814	-9.3643	89.0433	10.86563	-87.86445
COMB 5UY	Max	8.1809	8.8313	96.3836	78.34979	28.5027
COMB 5UY	Min	-8.2025	-18.8145	85.3256	57.22464	-28.49468
COMB 7UX	Max	25.2665	2.0822	45.5577	26.36681	87.87375

COMB 7UX	Min	-25.2748	-6.6632	41.9351	16.48958	-87.86317
COMB 7UY	Max	8.1875	11.5324	49.2754	72.72583	28.50398
COMB 7UY	Min	-8.1958	-16.1134	38.2174	-62.8486	-28.4934

Tabel 4.37 Kombinasi Beban Terfaktor pada Pondasi Grup Tiang

Lengan Momen	P1 (m)	P2 (m)	P3 (m)	P4 (m)
My Kiri	0.375	0.000	0.375	0.000
My Kanan	0.000	0.375	0.000	0.375
Mx Atas	0.375	0.375	0.000	0.000
Mx Bawah	0.000	0.000	0.375	0.375

Tabel 4.38 Jarak AS Pondasi Terhadap Tepi Kolom



Kombinasi Pembebanan	Q1	Q2	Q3	Q4	My Kiri	My Kanan	Mx Atas	Mx Bawah	Max	P aksial Kolom
Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf.m	Tonf.m	Tonf.m	Tonf.m	Tonf	Tonf
COMB 1U	15.162	27.619	15.148	27.606	11.366	20.709	16.043	16.033	27.619	85.535
COMB 2U	18.276	35.296	18.289	35.309	13.712	26.477	20.090	20.099	35.309	107.170
COMB 5UX	61.114	103.768	-56.049	-13.395	1.899	33.890	61.831	-26.042	103.768	95.437
COMB 5UX	-28.379	-42.866	88.774	74.286	22.648	11.782	-26.717	61.148	88.774	91.815
COMB 5UY	-8.443	96.024	-46.446	58.020	-20.583	57.766	32.843	4.340	96.024	99.155
COMB 5UY	41.178	-35.122	79.170	2.871	45.131	-12.094	2.271	30.766	79.170	88.097
COMB 7UX	53.087	88.243	-64.078	-28.922	-4.122	22.245	52.999	-34.875	88.243	48.329
COMB 7UX	-36.406	-58.392	80.745	58.759	16.627	0.138	-35.549	52.314	80.745	44.707
COMB 7UY	-16.470	80.498	-54.475	42.493	-26.604	46.122	24.011	-4.493	80.498	52.047
COMB 7UY	33.151	-50.647	71.142	-12.656	39.110	-23.739	-6.561	21.932	71.142	40.989
Mu maksimal					45.131	57.766	61.831	61.148		107.170

Tabel 4.39 Momen dan Paksial Tiang dalam Satu Pile Cap



Contoh perhitungan Q_u :

Hampir sama dengan contoh perhitungan Q_u sebelumnya, hanya saja beban kombinasi yang digunakan adalah beban kombinasi pada tabel kombinasi beban terfaktor pada pondasi grup tiang, perhitungan Q_u pada tiang P1 dengan kombinasi 1,4D, sehingga

Contoh perhitungan Q_u berdasarkan kombinasi COMB1U

$$Q_i = \frac{p}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum y^2}$$
$$Q_i = \frac{82,7635}{4} \pm \frac{0,01 \times 0,375}{0,5625} \pm \frac{9,3433 \times 0,375}{0,5625}$$

$Q_i = 15,162 \text{ ton}$ Dan seterusnya sampai tiang ke-4 dan hingga kombinasi beban terakhir.

Contoh perhitungan momen ultimate (M_u):

$$M_y \text{ kiri} = (Q_{u1} \times \text{lengan P1}) + (Q_{u2} \times \text{lengan P2}) + (Q_{u3} \times \text{lengan P3}) \\ + (Q_{u4} \times \text{lengan P4})$$

$$M_y \text{ kiri} = (15,162) + (27,619) + (15,148) + (27,606)$$

$M_y \text{ kiri} = 11,366 \text{ ton}$ Dan seterusnya hingga kombinasi beban terakhir sampai M_{ux} bawah hingga didapatkan moment ultimate maksimal pada masing-masing sumbu:

$$M_y \text{ Kiri} = 11,366 \text{ ton.m}$$

$$M_y \text{ Kanan} = 20,709 \text{ ton.m}$$

$$M_x \text{ Atas} = 16,043 \text{ ton.m}$$

$$M_x \text{ Bawah} = 16,033 \text{ ton.m}$$

5.10. Perhitungan Penulangan Pile Cap Menggunakan Program AFES

5.10.1. Penentuan Dimensi Pondasi:

Dimensi pile cap P1:

$$\text{Panjang} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} = 0,7 \text{ m}$$

$$f_c' \text{ pile cap} = 21,15 \text{ MPa}$$

Dimensi tiang minipile:

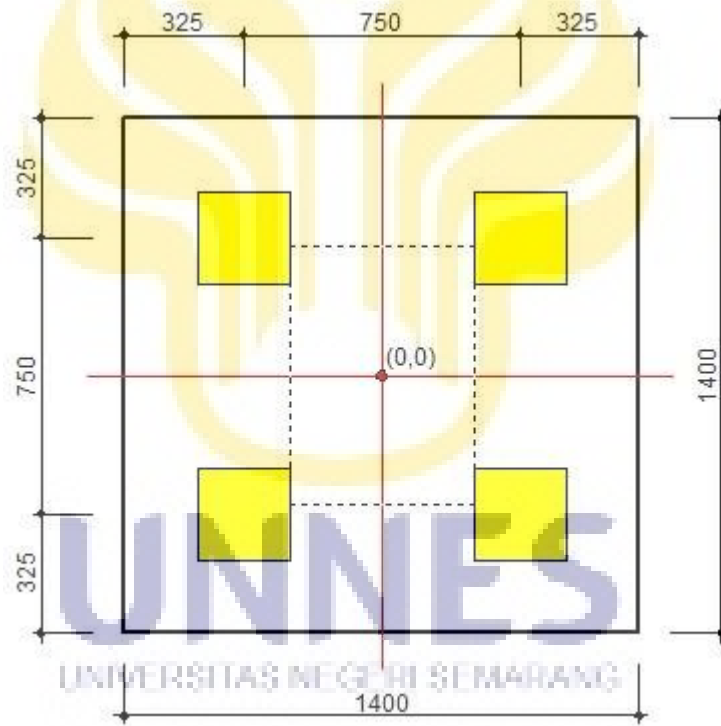
Diameter = 25 x 25 cm
Panjang = 18 m
Jumlah tiang = 4 tiang
 f_c' tiang = 42,30 MPa

Beban ijin tiang:

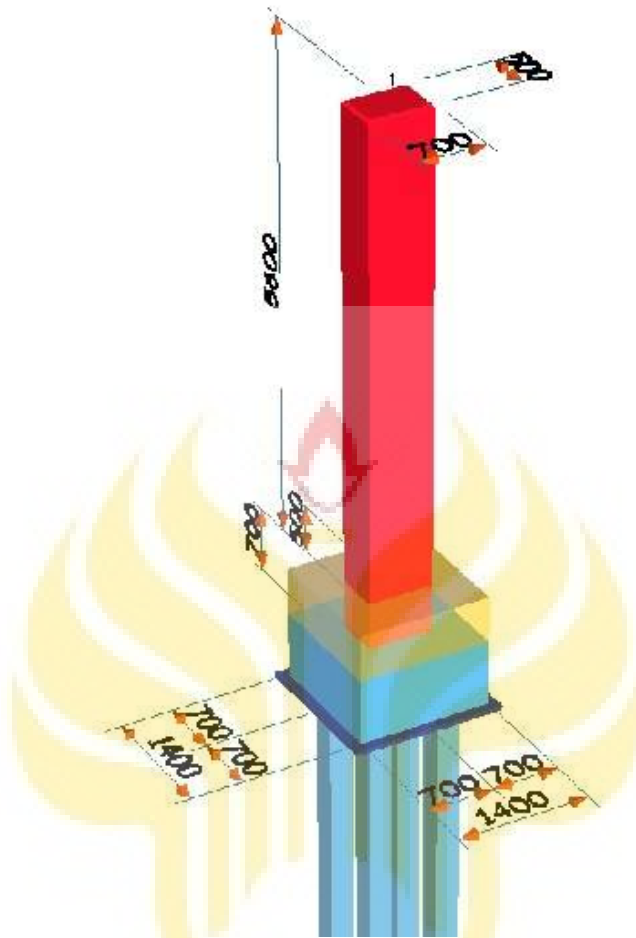
Horizontal = 20 ton
Vertikal = 200 ton

Dimensi kolom:

Kolom = 50 x 70 cm



Gambar 4.27 Tampak Atas Pondasi

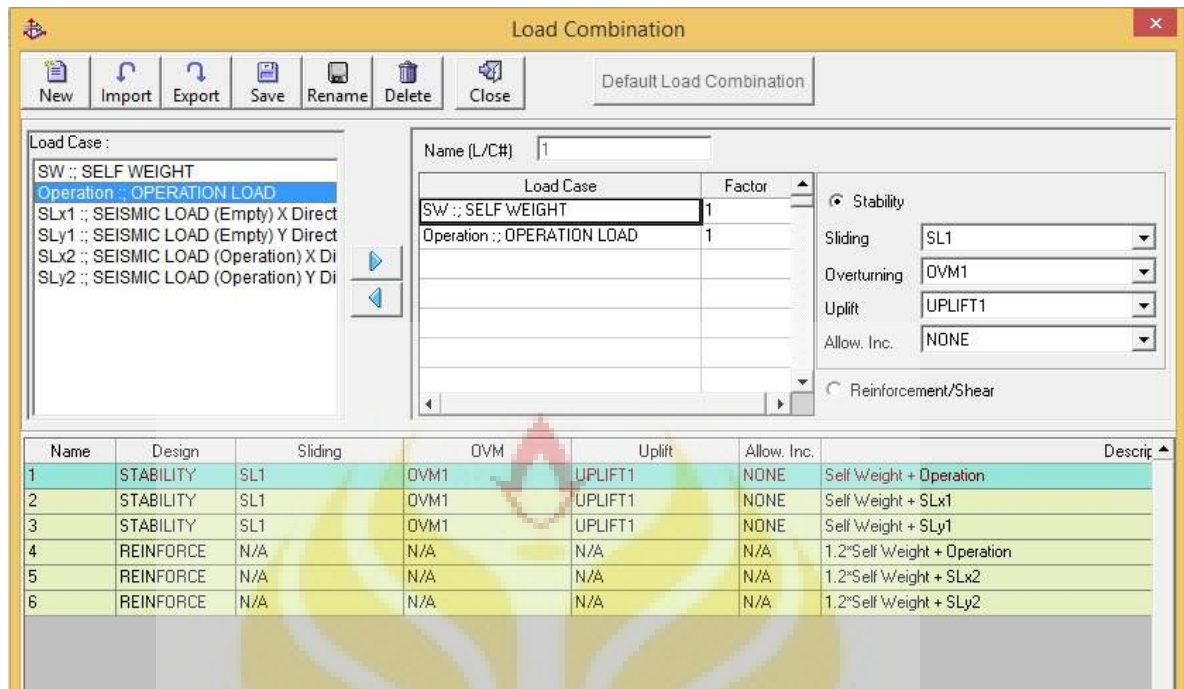


Gambar 4.28 Tampak 3 Dimensi Pondasi

5.10.2. Memasukan Beban Kombinasi

Kombinasi beban:

- SW + Operation
- SW + SLx1
- SW + SLy1
- 1,2SW + Operation
- 1,2SW + SLx1
- 1,2SW + SLy1



Gambar 4.29 Input Load Combination

Kombinasi	Kolom	Fx tonf	Fy tonf	Fz tonf	Mx Tonf	My tonf	Mz tonf
Operation	1	-0.4403	0.6115	64.6691	0.06393	1.51324	-0.00313
SLx1	1	1.1755	1.1793	69.5591	2.78219	3.3059	0.04406
SLy1	1	0.2326	2.3179	-72.173	7.47026	0.22811	0.03501
SLx2	1	2.5457	1.7421	84.8587	5.38358	7.35125	0.08592
SLy2	1	0.7495	3.9111	89.8381	14.31415	1.48819	0.06868

Tabel 4.40 Input Beban Kombinasi Terfaktor pada Pondasi

5.10.3. Hasil Analisis AFES

4.1 CHECK OF PILE REACTION (Bi-Axial)

4.1.1 Formula

☛ if footing is checked in Buoyancy ΣF_z means $\Sigma F_z - F_b$

$$a. \text{ Vertical - Bi Axial : } R = \frac{\Sigma F_z - \Sigma My \times X}{N_p} \pm \frac{\Sigma Mx \times Y}{\Sigma Y^2}$$

$$- R_u = R_{max}$$

$$- U_f = \text{Min}[0, R_{min}]$$

$$- R_u < V_a \Rightarrow \text{OK}$$

$$b. \text{ Horizontal - } H_{max} = \frac{\sqrt{(\Sigma H_x)^2 + (\Sigma H_y)^2}}{N_p} < H_a \Rightarrow \text{OK}$$

$$c. \text{ Uplift - } U_f < U_a \Rightarrow \text{OK}$$

Ver. / Uf = Vertical / Uplift

4.1.2 Check of Vertical & Uplift Reaction

Ft.Name	Np(EA)	Fl (mm)	Fw (mm)	ΣX^2 (m ²)	ΣY^2 (m ²)
F1	4	1400	1400	0.56	0.56

Unit(tonf)

Ft.Name	L.Comb.	Pile	R _{max}	R _{min}	R _u	U _f	R _a	U _a	Result
F1	1	PHC-12	23.832	13.064	23.832	0	84.3	42.15	OK
	2	PHC-12	29.91	9.431	29.91	0	84.3	42.15	OK
	3	PHC-12	26.208	14.44	26.208	0	84.3	42.15	OK

4.1.3 Check Of Horizontal Reaction

Ft.Name	L.Comb.	Pile	Hmax (tonf)	H _a (tonf)	Result
F1	1	PHC-12	0.188	1.954	OK
	2	PHC-12	0.416	1.954	OK
	3	PHC-12	0.582	1.954	OK

Gambar 4.30 Cek Daya Dukung Pile Cap (Vertikal & Horizontal)

Sec.Nam	L.Comb.	Using Bar (mm)	Loc. (m)	Width b (m)	d (cm)	As (cm ²)
S1	6	top	2.03 - D16 @ 150	0.700	0.305	68.905
	5	bottom	2.03 - D16 @ 150	0.950	0.305	68.605

Sec.Nam	L.Comb.	Mu (tonf-m)	R _n	ρ _{Req}
S1	6	top	-	-
	5	bottom	6.825	5.288

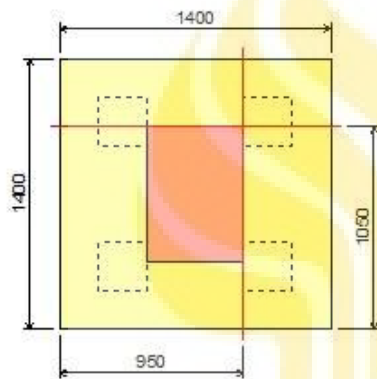
Sec.Nam	L.Comb.	As ₁ (cm ²)	As ₂ (cm ²)	As ₃ (cm ²)	As ₄ (cm ²)	As ₅ (cm ²)	As _{max} (cm ²)
S1	6	top	1.920	-	-	7.383	8.550
	5	bottom	1.920	2.784	3.711	7.351	8.553

Sec.Nam	L.Comb.	Using As(cm ²)	Select As(cm ²)	Result	
S1	6	top	4.031	1.920	OK
	5	bottom	4.031	3.711	OK

Gambar 4.31 Cek Tulangan Pile Cap Arah x

Sec.Nam	L.Comb.		Using Bar (mm)	Loc. (m)	Width b (m)	d (cm)	As (cm ²)	
S1	6	top	2.03 - D16 @ 150	0.700	0.305	67.315	4.031	
	6	bottom	2.03 - D16 @ 150	1.050	0.305	67.015	4.031	
Sec.Nam	L.Comb.		Mu (tonf-m)	Rn	ρReq			
S1	6	top	-	-	-			
	6	bottom	1.977	1.605	0.0004			
Sec.Nam	L.Comb.		As _s (cm ²)	As _s (cm ²)	As _s (cm ²)	As _s (cm ²)	As _s (cm ²)	As _{max} (cm ²)
S1	6	top	1.920	-	-	7.213	8.392	62.244
	6	bottom	1.920	0.821	1.095	7.181	8.354	61.967
Sec.Nam	L.Comb.		Using As(cm ²)	Select As(cm ²)	Result			
S1	6	top	4.031	1.920	OK			
	6	bottom	4.031	1.920	OK			

Gambar 4.32 Cek Tulangan Pile Cap Arah y



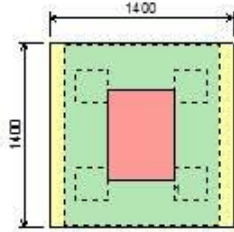
- X direction One-Way Shear (Unit Width)

Sec.Nam	L.Comb.	Loc. (mm)	d (mm)	Bw (mm)	ϕVc (tonf)	Vu (tonf)	Result
S1	4	450	688	304.8	17.105	8.899	OK
	5	950	688	304.8	17.105	16.642	OK
	6	950	688	304.8	17.105	12.197	OK

- Y direction One-Way Shear (Unit Width)

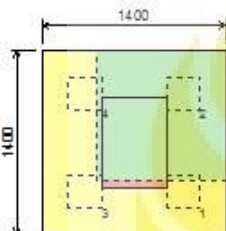
Sec.Nam	L.Comb.	Loc. (mm)	d (mm)	Bw (mm)	ϕVc (tonf)	Vu (tonf)	Result
S1	4	1050	670.1	304.8	16.709	5.252	OK
	5	1050	670.1	304.8	16.709	6.885	OK
	6	1050	670.1	304.8	16.709	8.035	OK

Gambar 4.33 Check of One-Way Shear



FtName	F1	Punching Area	16439.240 cm ²
Pr.Name	1	Pile effect	0 / 4
Shape	Rectangle	◆ Vc1	701.097 tonf
L.Comb.	6	◆ Vc2	1058.695 tonf
Pl	500 mm	◆ Vc3	577.374 tonf
Pw	700 mm	◆ Vc	577.374 tonf
bo / d	5144.2 / 688.05 mm	Vu	0.000 tonf
βc / αs	1.4 / 40	Result	OK

Gambar 4.34 Check on Two-Way Shear



FtName	F1	Punching Area	9739.473 cm ²
Pile No.	2	βc / αs	1 / 20
Shape	Square	◆ Vc1	332.298 tonf
L.Comb.	5	◆ Vc2	495.770 tonf
PileName	PHC-12	◆ Vc3	221.532 tonf
Diameter	250mm	◆ Vc	221.532 tonf
bo	1973.77mm	Vu	43.272 tonf
d	688.05mm	Result	OK

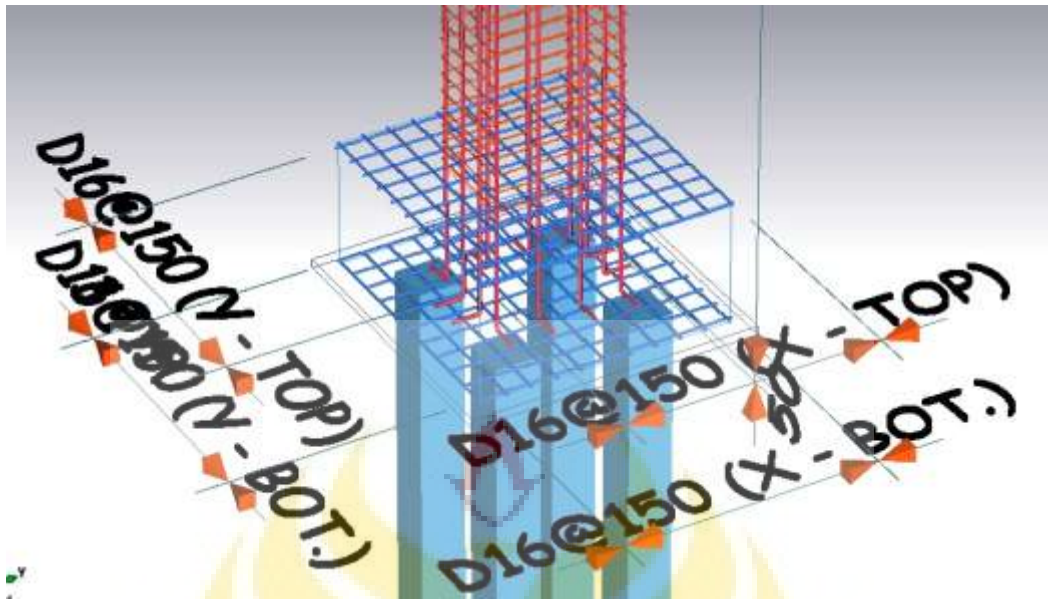
Gambar 4.35 Check of Pile Punching Shear

5.10.4. Hasil Penulangan Pondasi

Dari analisa pondasi menggunakan AFES tidak ada perubahan diameter tulangan yang diperoleh hasil akhir penulangan sebagai berikut:

Tulangan tekan = D16-150

Tulangan tarik = D16-150



Gambar 4.36 Penulangan Pondasi

Hasil Program AFES lihat lampiran

BAB V

MANAJEMEN KONSTRUKSI

1. RENCANA KERJA DAN SYARAT – SYARAT (RKS) BANGUNAN PASAR KABUPATEN BATANG

RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT PEKERJAAN STRUKTUR SPESIFIKASI TEKNIS STRUKTUR

1.1. PEKERJAAN STRUKTUR

1. LINGKUP PEKERJAAN STRUKTUR

Lingkup tugas pekerjaan struktur yang harus dikerjakan oleh Rekanan adalah : menyediakan semua perlengkapan kerja, tenaga kerja, tenaga ahli yang cukup dan menyediakan bahan – bahan serta melaksanakan semua pekerjaan sehubungan dengan pekerjaan struktur sesuai dengan gambar kerja.

Pekerjaan Struktur meliputi :

- a. Pekerjaan tanah
- b. Pekerjaan struktur beton : tie beam ,kolom, balok, pelat lantai dan pelat atap dan pekerjaan beton lainnya sesuai gambar
- c. Pekerjaan pembongkaran, pembersihan dan pengamanan dalam tapak dan bangunan selama pelaksanaan sampai pekerjaan struktur selesai dan diserahkan terimakan kepada pemberi tugas

2. PEMERIKSAAN

- a. Setiap saat Direksi Pekerjaan berhak untuk memeriksa setiap pekerjaan Rekanan. Walaupun demikian Direksi Pekerjaan tidak wajib untuk melakukan pemeriksaan secara terus – menerus, dan yang terjadi dalam proses pelaksanaan pekerjaan kesalahan – kesalahan tidak membebaskan Rekanan dari tanggung - jawabnya

- b. Semua pekerjaan yang tidak sesuai dengan RKS, gambar – gambar rencana, peraturan – peraturan yang berlaku dan kaidah – kaidah teknis harus diperbaiki atau diganti atas biaya dari Rekanan.
3. SHOP DRAWING DAN AS BUILT DRAWING
 - a. Rekanan wajib membuat shop drawing (gambar detail pelaksanaan) berdasarkan gambar dokumen kontrak dan keadaan lapangan, untuk memperjelas detail-detail khusus yang diperlukan pada saat pelaksanaan dilapangan.
 - b. Shop drawing harus mencantumkan semua data termasuk tipe bahan, keterangan produk, cara pemasangan atau persyaratan khusus.
 - c. Shop drawing belum dapat dilaksanakan sebelum mendapat persetujuan dari Pengawas.
4. PERSYARATAN YANG MENGIKAT

Rekanan harus mengikuti dan terikat pada semua persyaratan – persyaratan yang tercantum.

 - a. Syarat – syarat Umum
 - b. Spesifikasi Teknis
 - c. Gambar – gambar Kerja
 - d. Berita Acara Aanwijzing, Klarifikasi dan Negosiasi SPK & Kontrak
5. BROSUR DAN CONTOH MATERIAL

Rekanan harus mangajukan kepada Direksi Pekerjaan brosur / catalog, sertifikat, spesifikasi teknis dan contoh material yang akan digunakan. Material tidak boleh dipesan sebelum brosur, sertifikat spesifikasi teknis dan contoh material tersebut disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
6. PERBEDAAN GAMBAR DAN HAL – HAL YANG KURANG JELAS
 - a. Pada dasarnya bila ada perbedaan / konflik antara gambar dan buku Uraian dan Syarat Pekerjaan, maka yang berlaku adalah yang tertulis dalam buku Rencana Kerja dan Syarat – syarat Teknis ini

- b. Semua ketentuan tersebut apabila tidak ada ketentuan lain dari Direksi Pekerjaan / Perencana
- c. Meskipun demikian setiap perbedaan ketidak sesuaian atau keragu – ragan diantara Gambar Kerja yang tidak bisa diatasi sebelum melaksanakan pekerjaan tersebut, Rekanan harus melaporkan secara tertulis kepada Direksi Pekerjaan untuk mendapatkan keputusan gambar mana yang dijadikan pegangan, selambat – lambatnya satu minggu sebelum masalah tersebut terlibat dalam pelaksanaan, termasuk didalamnya mengenai jenis barang, cara pemasangan dan pengujian
- d. Perbedaan – perbedaan tersebut tidak boleh dijadikan alasan bagi Rekanan untuk mengadakan claim pada waktu pelaksanaan

7. KOORDINASI

Apabila ada unsur pekerjaan yang dilaksanakan oleh beberapa Sub Rekanan maka sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai perlu diadakan koordinasi seluruh pekerjaan sehingga tidak terjadi kesalahan – kesalahan akibat kurang koordinasi antar Sub Rekanan

8. UNSUR PEKERJAAN YANG DISEBUTKAN KEMBALI

Apabila dalam rencana Kerja dan Syarat – syarat Teknis ini ada bagian – bagian / bab - bab yang menyebutkan kembali setiap unsur pekerjaan pada item / ayat lain maka ini bukan berarti menghilangkan item/ayat tersebut tetapi dengan pengertian lebih menegaskan

9. HUBUNGAN KERJA

Hubungan kerja yang bersifat teknis maupun administratif antara Perencana dengan Rekanan harus melalui Direksi Pekerjaan

2.2. PEKERJAAN TANAH

1. LINGKUP PEKERJAAN TANAH

Yang termasuk pekerjaan tanah adalah semua pekerjaan galian tanah, penimbunan, pemasangan turap penahan tanah galian (bila diperlukan)

dan rantai kerja untuk pondasi serta pengukuran untuk keperluan pelaksanaan pekerjaan struktur sesuai gambar kerja dan atau sesuai petunjuk Direksi Pekerjaan

2. PENGUKURAN

- a. Penentuan tinggi peil 6 0,00 bangunan ini harus diperiksa kembali oleh Rekanan dan mendapat persetujuan Direksi Pekerjaan. Bilamana terdapat perbedaan ukuran – ukuran harus segera dilaporkan kepada Direksi Pekerjaan sebelum dilaksanakan. Pemakaian ukuran – ukuran yang salah sebelum dan selama pelaksanaan menjadi tanggung jawab Rekanan Tinggi Peil ini dibuat oleh Rekanan atas biayanya sendiri, dari patok beton di luar papan dasar pelaksanaan (bouwplank) Tanda ini merupakan tanda yang tetap, yang harus di jaga dan dipelihara selama masa pembangunan sampai waktu penyerahan pertama
- b. Segala pekerjaan pengukuran persiapan (uitzet) termasuk tanggungan Rekanan dan dilaksanakan dengan instrument waterpass dan theodolite

3. KEADAAN LAPANGAN / TAPAK

Rekanan berkewajiban untuk memeriksa keadaan lapangan sebelum tender, untuk mendapatkan gambaran mengenai keadaan tanah yang digali, atau diurug dan menaksir tanah urug yang akan dipakai atau menaksir tanah galian yang akan dikeluarkan. Perkiraan ini adalah semata – mata menjadi resiko dari Rekanan dan tidak akan diadakan pertimbangan – pertimbangan dan penyesuaian. Level lapangan titik – titik tinggi atau contours harus dianggap berlaku pada tanggul utama (bench mark)

Bilamana Rekanan tidak yakin dengan ketepatan dari peil pengukuran ini maka Rekanan harus menyatakan hal ini secara tertulis kepada Direksi Pekerjaan sebelum penggalian , pengurugan dan pemadatan dimulai

4. PENGGALIAN

- a. Rekanan harus bertanggung jawab untuk semua penggalian yang dilaksanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku
- b. Galian tanah untuk pondasi – pondasi , dan lain – lain harus dilaksanakan sesuai dengan yang ditentukan dalam gambar. Dalamnya semua galian harus mendapat persetujuan dari Direksi Pekerjaan.
- c. Dasar galian harus bebas lumpur, humus dan air, harus dalam keadaan bersih dan padat, sampai dapat diberi lapisan urug sesuai dengan gambar
- d. Dalam keadaan penggalian cukup dalam dan memungkinkan tanah dapat longsor, Rekanan harus memasang turap sesuai persyaratan yang disertai perhitungan kekuatannya dan diperiksa oleh Direksi Pekerjaan
- e. Rekanan harus melaporkan hasil pekerjaan galian tanah yang selesai dan menurut pendapatnya sudah dapat digunakan untuk pemasangan pondasi kepada Direksi Pekerjaan untuk dimintakan persetujuannya
- f. Semua Pekerjaan pondasi yang dilaksanakan tanpa persetujuan Direksi Pekerjaan, dapat mengakibatkan dibongkarnya kembali pekerjaan pondasi tersebut
- g. Pekerjaan pembongkaran dan pemasangan pondasi kembali adalah menjadi tanggungan Rekanan
- h. Semua kelebihan tanah galian, tanah lumpur harus dikeluarkan dari lapangan ke lokasi yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan, Rekanan bertanggung jawab untuk mendapatkan tempat pembuangan dan ongkos – ongkos yang di perlukan

5. HALANGAN YANG DIJUMPAI WAKTU PENGGALIAN

- a. Semua akar – akar pohon, batang – batang pohon terpendam, beton – beton tak terpakai atau pondasi –pondasi bata, pipa – pipa drainage yang tak terpakai, atau halangan – halangan lain yang dijumpai / ditemukan pada waktu penggalian harus dikeluarkan atas biaya Rekanan
- b. Tanah / tanah galian yang berlubang akibat halangan – halangan yang dikeluarkan harus diperbaiki kembali dengan pasir beton : semen dengan perbandingan 10 : 1

- c. Harus dijaga pipa – pipa gas atau pipa – pipa air, kabel – kabel listrik yang masih berfungsi yang dijumpai pada waktu penggalian tidak terganggu atau menjadi rusak
 - d. Bilamana hal ini dijumpai dilapangan maka Direksi Pekerjaan dan pihak – pihak yang berwenang harus segera diberitahu untuk mendapatkan instruksi selanjutnya untuk mengeluarkan barang – barang tersebut, sebelum penggalian – penggalian yang berdekatan diteruskan
 - e. Bilamana terjadi kerusakan – kerusakan pada barang – barang tersebut diatas, maka Direksi Pekerjaan dan pihak – pihak yang berwenang harus segera diberitahu dan semua kerusakan – kerusakan harus diperbaiki atas biaya Rekanan sendiri
6. PENYANGGA / PENAHAN TANAH GALIAN
- a. Stabilitas dari permukaan galian tanah selama penggalian semata – mata adalah tanggung jawab dari Rekanan
Rekanan harus membuat penyangga – penyangga / penahan tanah yang diperlukan selama pekerjaan dan galian tambahan atau urugan bila diperlukan
 - b. Selama pelaksanaan , tanah di belakang galian tidak boleh longsor
Semua biaya turap dan perkuatannya sudah termasuk beban biaya bangunan dalam kontrak
 - c. Rekanan diharuskan untuk melaksanakan dan merawat semua tebing dan galian yang termasuk dalam Kontrak , memperbaiki longsor – longsor tanah selama masa Kontrak dan Masa Perawatan
7. PENGAWASAN PENGGALIAN
- Semua galian harus diperiksa terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan sebelum lapisan urugan pasir, lantai kerja, pembesian, pipa – pipa dipasang. Bila didapatkan keadaan kurang memuaskan pada atau sebelum peil galian yang tercantum dalam gambar tercapai maka Rekanan harus mendapatkan izin sebelum galian selanjutnya dilaksanakan. Rekanan tidak

boleh menimbun galian tersebut sebelum pengukuran elevasi dasar galian disetujui

8. PENGGALIAN DIBAWAH PEIL YANG SEHARUSNYA

Bilamana Rekanan menggali di bawah level yang tercantum dalam gambar tanpa intruksi tertulis maka Rekanan harus mengisi bagian yang telah tergali tersebut dengan beton 1: 3 :6 (PC: Pasir : Kerikil).

9. LANTAI KERJA DAN URUGAN PASIR

- a. Apabila konstruksi beton bertulang langsung terletak di atas tanah ,maka di bawahnya dibuat lantai kerja dan urugan pasir yang rata (Ketebalan sesuai pada gambar)
- b. Sebelum lantai kerja urugan pasir ini dibuat, maka semua lapisan tanah di bawahnya harus dipadatkan dan diratakan dengan baik sampai mendapatkan permukaan yang padat, rapat dan disetujui Direksi Pekerjaan terlebih dahulu
- c. Untuk memadatkan tanah digunakan alat pemadat tanah yang harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- d. Lantai kerja harus dari campuran semen, pasir dan kerikil dengan perbandingan 1 : 3 : 5. Tebal dan peil lantai kerja dan urugan pasir harus sesuai dengan gambar. Jika tidak dinyatakan secara khusus dalam gambar, maka tebal lantai kerja = 5 cm dan tebal urugan pasir minimal 10 cm

10. PENGURUGAN KEMBALI DAN PEMADATAN

- a. Permukaan dari kemiringan – kemiringan tanah harus diselesaikan secara rata atau bertangga sebagaimana di minta oleh Direksi Pekerjaan dan atau sesuai gambar.
- b. Semua daerah yang akan diurug harus dibersihkan dari semua sampah – sampah , puing – puing bangunan dan lain – lain sebelum pengurugan tanah dimulai

- c. Tanah urug untuk mengurug, meratakan dan membuat tebing – tebing harus bersih dari bahan organis, sisa – sisa tanaman, sampah dan lain – lain
- d. Bahan - bahan untuk urugan tersebut menggunakan material bekas galian dengan mendatangkan dari lokasi lain harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :
- e. Tanah harus dibersihkan dan tidak mengandung akar, kotoran dan bahan organis lainnya
- f. Tanah yang digunakan untuk timbunan harus didatangkan setelah ada ijin dari Direksi/Pengawas.
- g. Pelaksanaan pengurugan harus dilakukan lapis demi lapis dengan ketebalan 15 cm material lepas, di padatkan sampai mencapai kepadatan maksimum dengan alat pemadat dan mencapai peil permukaan yang direncanakan
- h. Toleransi pelaksanaan yang dapat diterima untuk penggalian maupun pengurugan adalah 6 20 mm terhadap kerataan yang ditentukan
- i. Sarana – sarana Darurat
Rekanan harus mengadakan drainage yang sempurna setiap saat, harus membangun saluran – saluran, memasang parit – parit, memompakan atau mengeringkan drainage

11. PEKERJAAN PENGURUGAN PASIR ALAS PONDASI

- a. Ketebalan urugan pasir untuk alas pondasi bila tidak disebutkan lain dalam gambar, minimal 10 cm
- b. Pasir urug yang digunakan harus bersih dan tidak mengandung potongan – potongan bahan keras yang berukuran lebih besar dari 1,5 cm, dan bebas dari bahan – bahan organik atau banyak mengandung garam (pasir laut tidak boleh digunakan)

1.3. PEKERJAAN BETON

1. U M U M

- a. Rekanan harus melaksanakan pekerjaan beton sesuai dengan persyaratan – persyaratan yang terdapat di peraturan – peraturan berikut :
- SNI-03-2847-2002, Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
 - SNI 03-2458-1991, Metode Pengujian dan Pengambilan Contoh untuk Campuran Beton Segar
 - SNI 03-4810-1998, Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji di Lapangan
 - SNI 03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton
 - SNI 03-2492-1991, Metode Pengambilan Benda Uji Beton Inti
 - SNI 03-3403-1994, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti
 - SNI 2847-2013, Metode Pengambilan, Perawatan ,dan Pengujian Sample Beton
 - Peraturan Beton Bertulang Indonesia PBI - 1971 (NI – 2)
 - Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PBUI – 1982)
 - Peraturan American Standart for Testing and Material (ASTM)
 - Peraturan daerah setempat
 - Peraturan – peraturan lain yang relevan
- b. Rekanan harus melaksanakan semua pekerjaan dengan ketepatan dan kesesuaian yang tinggi menurut RKS, gambar kerja dan instruksi – instruksi dari Direksi Pekerjaan
- c. Setiap saat direksi Pekerjaan berhak untuk memeriksa setiap pekerjaan Rekanan. Walaupun demikian Direksi Pekerjaan tidak wajib untuk melakukan pemeriksaan secara terus menerus, dan yang terjadi dalam proses pelaksanaan pekerjaan kesalahan – kesalahan tidak membebaskan Rekanan dari tanggung jawabnya
- d. Semua pekerjaan yang tidak sesuai dengan RKS, gambar – gambar rencana, peraturan – peraturan yang berlaku dan kaidah – kaidah teknis harus diperbaiki atau diganti atas biaya dari Rekanan

- e. Sebelum pekerjaan beton dimulai, Rekanan harus membuat shop drawing pembesian, detail – detail yang berhubungan dengan gambar – gambar kerja lain dan harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- f. Sebelum tiap tahap pekerjaan beton dimulai, Rekanan berkewajiban untuk mengajukan izin bekerja yang harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- g. Semua material yang dipakai harus merupakan material baru dengan kualitas terbaik dari yang telah ditentukan (contoh) dan harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan dan semua material yang tidak disetujui oleh Direksi Pekerjaan harus dikeluarkan dari lokasi proyek atas biaya Rekanan selambat – lambatnya dalam waktu 2 x 24 jam
- h. Rekanan berkewajiban untuk menyediakan tenaga ahli yang trampil dan cukup serta alat – alat yang baik dan cukup untuk memenuhi jadwal pelaksanaan yang sudah disetujui
- i. Bila tidak dinyatakan secara khusus, maka hal – hal mengenai cara – cara pelaksanaan dan detail – detail konstruksi harus dilaksanakan sesuai dengan Standar Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI. Hal – hal tersebut antara lain : lantai kerja / pemotongan dan pembengkokan tulangan, pemasangan tulangan, pelaksanaan pengecoran dan perawatan, penutup beton, kait dan bengkokan, panjang penyaluran dan sambungan

2. BAHAN – BAHAN

- a. Semen
 - Semua semen yang digunakan adalah jenis Portland Cement sesuai dengan SNI.
 - Seluruh pekerjaan konstruksi beton ini harus menggunakan satu merk semen. Penggantian merk semen hanya dapat dilaksanakan dengan persetujuan Direksi Pekerjaan . Semen – semen yang dipergunakan harus diperoleh dari pabrik yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan
 - Semen yang digunakan pada pekerjaan konstruksi harus sesuai dengan semen yang digunakan pada perancangan proporsi campuran

- Rekanan harus menyimpan semen di tempat penyimpanan yang baik dan memenuhi syarat. Semua semen yang telah menunjukkan indikasi rusak dan/atau tercemar (menggumpal, mengeras, tercampur dengan kotoran, kena air, atau lembab) tidak boleh digunakan dan harus segera dikeluarkan dari lokasi proyek atas biaya Rekanan
 - Setiap saat Direksi Pekerjaan berhak meminta agar Rekanan memberikan laporan test – test semen di laboratorium
- b. Pasir
- Pasir yang digunakan harus pasir kali yang berbutir
 - Kadar lumpur yang terkandung dalam pasir tidak boleh lebih besar dari 5 %.
 - Pasir harus memenuhi persyaratan SNI
- c. Agregat
- Agregat kasar yang dapat dipakai adalah koral atau batu pecah (crushed stone) yang mempunyai susunan gradasi yang baik padat dan cukup keras. Agregat halus yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Semua agregat yang digunakan harus memenuhi syarat SNI.
 - Ukuran agregat kasar maksimum yang dapat digunakan adalah 3 cm dan ukuran agregat kasar tersebut tidak boleh lebih dari seperempat dimensi beton yang terkecil dari bagian konstruksi yang bersangkutan
 - 2 minggu sebelum pengecoran dimulai, Rekanan harus menguji contoh – contoh agregat sesuai dengan SNI
 - Rekanan harus menjaga semua pengiriman agregat dari satu sumber untuk setiap agregat yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan hingga sebanyak 50 ton atau sewaktu – waktu diminta oleh Direksi Pekerjaan atas biaya Rekanan
 - Percobaan – percobaan harus dilakukan oleh Rekanan pada setiap pengiriman sebanyak 50 ton atau sewaktu – waktu diminta oleh Direksi Pekerjaan atas biaya Rekanan

- Agregat kasar dan agregat halus harus disimpan secara terpisah tanpa boleh terjadi segregasi dari butir – butir penyusunnya. Timbunan agregat harus diletakkan di atas lantai dari beton kurus dan dibatasi oleh dinding kayu keras serta harus dijaga terhadap pencampuran atau pencemaran dari kotoran atau material lainnya. Selain itu Rekanan juga harus menyediakan sistem drainage yang baik di sekitar timbunan agregat sehingga timbunan agregat tidak terendam air
 - Untuk mendapatkan campuran beton yang baik dan sesuai dengan hasil mix – design, kadar air dari agregat harus sesuai secara periodik diuji terutama kalau terdapat indikasi bahwa kadar air agregat sudah berubah dari kondisi sebelumnya. Selain itu Rekanan juga harus secara rutin melaksanakan uji bahan dan disaksikan oleh Direksi Pekerjaan
- d. Air
- Air untuk pembuatan dan perawatan beton adalah air bersih yang sesuai dengan rekomendasi laboratorium dan persyaratan SNI.
 - Sumber air yang akan dipakai harus disetujui oleh Direksi Pekerjaan terlebih dahulu dan harus diuji serta tidak boleh mengandung asam alkali , minyak, dan zat organis yang dapat merusak beton dan tulangan (Ph 7 – 8)
 - Tempat penampungan (bak) air harus selalu bersih dan harus dijaga agar bahan – bahan yang dapat merusak kualitas air tidak tercampur di bak penampungan tersebut
- e. Bahan pencampur /admixture/Aditive
- Bila tidak dinyatakan lain, pada dasarnya semua beton konstruksi pada proyek ini tidak memerlukan bahan pencampur. Oleh karena itu Rekanan tidak boleh menggunakan bahan pencampur kecuali dengan persetujuan tertulis dari Perencana dan atau Direksi Pekerjaan
 - Untuk melengkapi pengajuan izin penggunaan bahan pencampur beton, Rekanan harus mengadakan percobaan perbandingan berat dari penambahan bahan campuran tersebut dan diuji tekan contoh – contoh beton pada umur 3,7,14, dan 28 hari di laboratorium yang disetujui oleh

Direksi Pekerjaan. Semua hasil uji tersebut di atas harus disertakan pada pengajuan izin penggunaan bahan pencampur beton

3. PEMBUATAN BETON

a. Mutu beton dan campuran beton rencana

- Seluruh beton polos (tidak bertulang) seperti rabat dan lantai digunakan mutu beton $f'c=21,15$ MPa. Untuk struktur Pile Cap, Tie Beam dan Kolom menggunakan mutu beton readymix $f'c=21,15$ MPa, sedangkan elemen Balok dan Pelat menggunakan mutu beton readymix $f'c=21,15$ MPa.
- Untuk mencapai mutu beton tersebut diatas, Rekanan diwajibkan untuk membuat campuran beton rencana (mix-design) paling lambat 6 minggu sebelum pekerjaan beton dimulai . Rekanan harus membuat masing – masing 20 benda uji pada umur 7,14, dan 28 hari
- Pembuatan campuran beton rencana ini hendaknya mengikuti SNI. Bila sumber atau kualitas dari semen atau agregat diganti maka harus dicari lagi campuran rencana yang baru sehingga tercapai mutu beton yang dipersyaratkan

b. Pengujian beton

- Rekanan harus menyediakan tenaga kerja, material, tempat dan semua peralatan untuk melakukan semua peralatan untuk melakukan semua uji beton di bawah ini, yaitu :
 - ✓ Uji slump
 - ✓ Uji silinder beton diameter 15 cm dan tinggi 30 cm
 - ✓ Uji kadar lumpur
 - ✓ Hammer test
 - ✓ Core drilling
- Pengujian Slump beton harus dilaksanakan berdasarkan SNI dengan batasan nilai slump maksimum sebagai berikut :

Konstruksi Beton	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,50	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	9,00	2,50
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
Pembetonan massal	7,50	2,50

Untuk beton dengan bahan tambahan plasticizer, slump dapat dinaikkan sampai maksimum 1,5 cm.

- Rekanan harus membuat, merawat dan mengadakan uji kubus beton pada laboratorium beton yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan atas biaya sendiri dan berdasarkan atas SNI.
- Jumlah pengambilan contoh untuk uji kuat tekan dari setiap mutu beton, tidak boleh kurang dari dua benda uji dan harus diuji pada umur 7 dan 28 hari
- Pengujian kekuatan masing-masing mutu beton yang dicor setiap harinya haruslah dari satu contoh uji per hari, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 110 m^3 beton, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 460 m^2 luasan permukaan lantai atau dinding.
- Kalau digunakan pompa beton (concrete pump), pengambilan khusus harus dilakukan dilokasi pengecoran setelah beton melewati ujung pipa pompa beton
- Setiap benda uji harus diberi tanggal pembuatan dan dari bagian ujung pipa mana beton diambil
- Prosedur pengambilan silinder beton sesuai dengan SNI
- Setiap benda uji tidak boleh cacatRekanan harus membuat laporan lengkap mengenai hasil test khusus yang disertai evaluasi perhitungan nilai karakteristiknya dan disampaikan pada Direksi Pekerjaan

- Kalau terjadi kegagalan dalam uji beton ini, Rekanan harus melakukan percobaan – percobaan non destruktif dan apabila masih menunjukkan kegagalan Rekanan harus memperbaiki dan mengganti struktur tersebut atas biaya Rekanan sendiri
 - Bila dianggap perlu, maka Rekanan harus melakukan uji tambahan atas biaya Rekanan
- c. Pembuatan beton
- Rekanan bertanggung jawab penuh atas seluruh pembuatan beton yang baik dan memenuhi persyaratan yang ditentukan
 - Dalam pembuatan beton ini, Rekanan harus memakai sistem “Weight batching plant” & volumetric system (untuk mengukur air) yang sudah disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Semua alat ukur untuk pencampuran beton ini harus dalam kondisi baik dan dikalibrasi dan disediakan oleh Rekanan
 - Pengaturan untuk pengangkutan, penimbangan dan pencampuran material – material harus dengan persetujuan Direksi Pekerjaan
 - Seluruh operasi harus diinspeksi dan dikontrol terus oleh seorang inspektor yang berpengalaman dan bertanggung jawab
 - Pencampuran beton dengan tidak memakai perbandingan berat atau dengan tangan tidak diperbolehkan
 - Mixer harus betul – betul kosong sebelum menerima material – material dari adukan berikutnya . Mixer harus dibersihkan dan dicuci bila mixer tidak dipakai lebih lama dari 30 menit atau bila beton yang akan dibuat berbeda mutunya
 - Pencampuran kembali dari beton yang sebagian sudah terjatuh atau mengeras tidak diizinkan
 - Ketelitian alat ukur (timbangan) harus dikontrol minimum satu kali setiap minggu dengan ketelitian 6 1 persen
- d. Beton Pra – Campur (Ready Mix)

- Rekanan tidak diizinkan memakai beton pra – campur tanpa izin dari Direksi Pekerjaan
- Semua beton pra – campur harus dipasok dari perusahaan yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- Bila tidak ditentukan lain, semua persyaratan yang berlaku untuk beton biasa juga berlaku untuk beton pra – campur
- Nama dan Alamat dari perusahaan beton pra – campur harus disampaikan untuk persetujuan Direksi Pekerjaan. Jika diperlukan, Rekanan harus mengatur peninjauan ke perusahaan tersebut
- Beton Pra – campur harus sudah dicor pada tempatnya dalam waktu maksimum 2 jam dihitung dari mulainya truck mixer keluar dari plant sampai penuangan terakhir dilakukan. Bila dipergunakan retarder, waktu maksimum tersebut dapat melebihi 2 jam tetapi tidak boleh lewat 4 jam. Mengenai lamanya waktu yang diperkenankan ini hendaknya dibicarakan sebelum beton pra – campur ini digunakan, sehingga diketahui waktu yang masih diizinkan
- Semua data – data dari beton pra – campur ini harus dicatat secara lengkap oleh Rekanan atas sepengetahuan Direksi Pekerjaan data – data tersebut harus selalu tersedia diproyek

Data – data yang harus dicatat adalah :

- ✓ Waktu kedatangan untuk truck mixer
 - ✓ Waktu pencampuran material – material dan penambahan air
 - ✓ Pencatatan nomer truck mixer dan nama plat
 - ✓ Waktu ketika beton ditempatkan / dicor
 - ✓ Lokasi pengecoran
 - ✓ Pengambilan jumlah kubus uji
 - ✓ Nilai slump
 - ✓ Dan data – data lain yang relevan
- Rekanan bertanggung jawab atas semua hasil pengecoran dari beton pra – campur . Direksi Pekerjaan berhak untuk mengganti perusahaan beton pra

– campur atau menghentikan penggunaan beton pra – campur bila ternyata syarat – syarat dari spesifikasi ini tidak terpenuhi dengan memuaskan

4. PEKERJAAN BEKESTING (CETAKAN)

a. Bahan

- Bahan – bahan yang dapat dipakai untuk bekesting adalah kayu, multiplek (tebal 12 – 16 mm), pasangan bata dan panel logam. Sedangkan bahan – bahan yang dapat digunakan untuk acuan penyangga adalah kayu atau tiang / pipa logam. Penggunaan bambu untuk acuan tidak diizinkan. Sebelum memakai suatu bahan sebagai bekesting atau acuan, Rekanan harus mengajukan izin ke Direksi Pekerjaan terlebih dahulu
- Penggunaan bahan – bahan pembantu pelepasan bekesting harus seizin dari Direksi Pekerjaan dan untuk itu Rekanan harus memberikan data – data teknis dari produk tersebut ke Direksi Pekerjaan
- Penggunaan bahan – bahan pembantu pelepasan bekesting harus seizin dari Direksi Pekerjaan dan untuk itu Rekanan harus memberikan data – data teknis dari produk tersebut ke Direksi Pekerjaan
- Penggunaan bekesting lebih dari 1 kali tidak diizinkan kecuali kondisi bekesting masih sangat baik dan mampu menghasilkan permukaan beton yang sesuai dengan spesifikasi. Penggunaan bekesting lebih dari 1 kali harus mendapatkan izin dari Direksi Pekerjaan

b. Pembuatan dan Pemasangan Bekesting

- Sistem bekesting harus diajukan dan disetujui terlebih dahulu oleh Direksi Pekerjaan, khususnya yang menyangkut jenis / dimensi – dimensi bekesting dan jarak – jarak acuan penyangga
- Bekesting tidak boleh bocor dan cukup kaku untuk mencegah perpindahan tempat atau kelongsoran dari penyangga. Permukaan bekesting harus halus dan rata, tidak boleh ada lekukan, lubang – lubang dan tidak boleh melendut. Sambungan – sambungan pada bekesting harus diusahakan lurus dan rata dalam arah horisontal dan vertikal

- Khusus untuk struktur beton exposed atau struktur beton lainnya yang perlu menggunakan minyak atau bahan sejenis pada bekesting, Rekanan harus mengoleskan minyak tersebut seperlunya dan harus menjaga agar minyak tersebut tidak sampai mencemari batang tulangan dan sambungan konstruksi
 - Khusus untuk bekesting – bekesting kolom pada tepi bawah kolom pada 2 sisi harus dibuatkan bukaan untuk mengeluarkan kotoran – kotoran yang terdapat pada dasar kolom dan bukaan ini boleh ditutup setelah dasar kolom diperiksa kebersihannya dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan
 - Hal yang sama juga harus dikerjakan pada balok – balok yang tinggi atau dinding – dinding beton
 - Tiang – tiang penyangga vertikal harus dibuat sebaik mungkin untuk memberikan penunjang seperti yang dibutuhkan tanpa adanya kerusakan atau overstress atau perpindahan tempat pada beberapa bagian konstruksi yang dibebani
 - Struktur tiang – tiang penyangga harus ditempatkan pada posisi sedemikian rupa sehingga konstruksi ini benar – benar stabil, kuat dan kaku untuk menunjang berat sendiri dan beban – beban yang berada di atasnya selama pelaksanaan beton
 - Semua tiang – tiang penyangga tidak boleh ditempatkan langsung di atas tanah, tetapi harus berpijak di atas balok kayu rata atau lantai kerja dengan kokoh. Selain itu semua tanah dasar di sekitar daerah penyangga harus dipadatkan sampai cukup kuat untuk menahan beban di atasnya
 - Bila tidak dinyatakan lain, maka semua bekesting balok dan pelat lantai harus diberi anti lendut ke atas di tengah – tengah bentang sebesar 0,2 % dari lebar bentang. Khusus untuk balok dan pelat kanti lever, maka besarnya anti lendut yang harus diambil adalah 0,4 % dari bentang
 - Semua bekesting yang akan dipergunakan harus dalam keadaan bersih dan tidak tercemar oleh bahan – bahan yang dapat menurunkan mutu beton
- c. Pembongkaran Bekesting

- Semua pekerjaan pembongkaran bekesting baru dapat dimulai setelah izin tertulis dari Direksi Pekerjaan terutama pada struktur drop of canopy, plat atap, plat lantai, listplank – listplank, konsol – konsol, tangga dan balok – balok bentang panjang
- Bila pada saat pembuatan beton tidak digunakan suatu bahan pencampur (admixture/additive) khusus, maka waktu minimum pembongkaran bekesting harus didasarkan pada PBI – 1971 dan hasil uji tekan beton
- Dengan adanya pembongkaran bekesting dan / atau acuan pada beton, struktur – struktur bangunan tidak mengalami perubahan bentuk, kerusakan ataupun pembebanan yang melebihi beban rencana
- Pertanggung jawaban atas keselamatan semua pihak pada pembongkaran bekesting atau acuan berada di pihak Rekanan

5. PEKERJAAN PEMBESIAN DAN PERSIAPAN PENGECORAN

- a. Pembesian. Jenis dan mutu baja yang dipergunakan adalah baja ulir BJTS40 untuk tulangan diameter > 12 mm dan baja polos BJTP24 untuk tulangan berdiameter < 12 mm
- b. Untuk BJTS40 tegangan tarik baja tidak boleh lebih dari 50 kg/m^2 . Jenis – jenis besi ini harus mempunyai tegangan limit elastisitas karakteristik sesuai dengan yang tercantum dalam SNI.
- c. Semua jenis besi yang digunakan harus diperoleh dari pemasok / pabrik yang telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- d. Untuk mendapatkan jaminan atas kualitas besi yang diminta, maka disamping adanya sertifikat dari laboratorium baik pada saat pemesanan, secara periodik juga diambil minimum 2 contoh percobaan tegangan dan regangan sebanyak minimum 3 kali , yaitu pada waktu permulaan besi datang, kemudian pada pertengahan dan akhir pekerjaan pembesian. Akan tetapi apabila selama pelaksanaan ditemukan hal – hal yang meragukan, percobaan tegangan – regangan harus dilakukan lagi. Selain itu Rekanan juga wajib melakukan percobaan tarik dan lengkung dingin sebanyak 1 set percobaan setiap 10 ton besi untuk besi berdiameter > 12 mm

Pajang contoh yang diambil adalah 1 m dan tiap batang besi diambil 3 buah contoh

- e. Pembengkokan besi beton harus dilakukan secara hati – hati dan teliti, tepat pada ukuran posisi pembengkokan sesuai dengan gambar dan tidak menyimpang dari SNI
 - f. Pembengkokan tulangan harus dilakukan oleh tenaga ahli dengan mempergunakan alat – alat sedemikian rupa sehingga tidak menimbulkan cacat, patah, retak – retak, dan kerusakan kerusakan lainnya
 - g. Pembengkokan tulangan harus dilakukan dalam keadaan dingin
 - h. Tulangan yang sebagian sudah tertanam didalam beton tidak boleh dibengkokan di lapangan, kecuali ada izin khusus dari Pengawas atau Direksi Pekerjaan
 - i. Sebelum penyetelan dan pemasangan tulangan , Rekanan harus membuat rencana kerja dan pembengkokan baja tulangan (bending schedule) yang harus diserahkan ke Direksi Pekerjaan untuk mendapatkan persetujuan
 - j. Tulangan – tulangan harus dipasang sedemikian rupa sehingga selama pengecoran tidak berubah tempatnya . Untuk membantu penempatan tulangan ini, Rekanan harus memasang “beton tahu”, “kaki ayam” (beton decking) dan bahan pembantu lainnya secukupnya
 - k. Sebelum baja tulangan dipasang, baja harus bebas dari kulit besi, karat, lemak kotoran serta bahan – bahan lain yang dapat mengurangi daya lekat. Jika terjadi keterlambatan pengecoran maka pembesian harus di periksa dan dibersihkan ulang
 - l. Sambungan batang tulangan dengan menggunakan las tidak diizinkan. Semua sambungan batang tulangan harus sesuai dengan ketentuan SNI kecuali ada ketentuan lain dari Direksi Pekerjaan
 - m. Tebalnya selimut beton harus sesuai dengan SNI
6. PERSIAPAN PENGECORAN
- a. Sebelum melaksanakan pengecoran, Rekanan harus membersihkan seluruh area pengecoran memeriksa dan memperbaiki lagi bekesting dan

pembesian yang masih kurang sempurna, memeriksa dan mengkoordinasikan lagi gambar struktur dengan desain gambar lain berikut segala pipa, conduit atau barang – barang lain yang akan tertanam dalam beton dan mengajukan izin tertulis dari Direksi Pekerjaan

- b. Sebelum pengecoran, semua alat – alat pembuatan beton dan pengangkutan beton harus dalam keadaan baik dan bersih.
- c. Sebelum pengecoran beton, Rekanan harus membasahi cetakan dan pasangan-pasangan dinding yang akan berhubungan dengan beton sampai jenuh. selain itu semua bidang-bidang beton yang lama yang akan di cor harus di kasarkan terlebih dahulu dan kemudian dibersihkan dari segala kotoran – kotoran beton yang lepas dan kemudian penyambungan bidang – bidang beton yang lama harus memakai lem beton
- d. Sebelum pengecoran beton, Rekanan harus membersihkan / membuang air yang tergenang pada bekesting atau area pengecoran

7. PENGECORAN DAN PERAWATAN BETON

- a. Pengangkutan beton
 - Metoda pengangkutan yang akan digunakan Rekanan haruslah metoda pengangkutan yang sudah dievaluasi dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan
 - Kecepatan pengangkutan harus sedemikian rupa dan cukup cepat sehingga beton tidak kering atau kehilangan workabilitas atau plastisitas selama waktu yang digunakan antara mencampur dan mencetak (mengecor)
 - Sistem pengangkutan beton tidak boleh sampai menimbulkan segregasi pada adukan beton ataupun kehilangan semen dan air
 - Pengangkutan harus diorganisir sedemikian rupa sehingga selama pengecoran pada bagian tertentu, tak terjadi keterlambatan pada bidang cor dan sambungan dingin (cold joint)
 - Semua peralatan yang digunakan untuk pengangkutan harus dibersihkan dan dicuci bila pekerjaan terhenti lebih lama dari 30 menit
- b. Pengecoran beton

- Pengecoran beton harus berlangsung terus – menerus tanpa berhenti sampai mencapai siar – siar pelaksanaan yang sudah direncanakan dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan
- Pemadatan beton untuk struktur yang cukup tebal harus dilaksanakan lapis per lapis dengan tebal tiap lapisan maksimum 40 cm atau sesuai dengan persetujuan Direksi Pekerjaan
- Metode Penuangan dan Pemadatan beton harus dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tidak akan terjadi segregasi pada beton
- Tinggi jatuh vertikal pada pengecoran tidak boleh lebih dari 150 cm. Untuk dinding – dinding, kolom – kolom atau bagian – bagian yang tinggi, beton tidak boleh di cor dari atas, tetapi pengecoran harus dilakukan memulai sisi bekesting
- Saluran curam tidak boleh digunakan untuk pengecoran beton, kecuali dengan persetujuan Direksi Pekerjaan. Bila diizinkan, saluran curam harus dibuat dari metal yang dapat mengalirkan adukan beton tanpa terjadinya pemisahan bahan dan harus dicor dengan sudut tidak lebih datar dari perbandingan 1 (satu) tegak , 2 (dua) mendatar
- Beton harus dipadatkan dengan vibrator mekanis yang dikerjakan oleh orang – orang yang berpengalaman dan terampil. Pekerjaan beton yang telah selesai harus merupakan suatu massa yang bebas dari lubang – lubang, segregasi dan keropos
- Vibrator yang dipakai haruslah vibrator yang mempunyai frekwensi tidak kurang dari 6000 siklus per menit dan mempunyai lengan sepanjang 6 meter atau lebih
- Selama pemadatan beton, Rekanan harus menjaga agar tidak terjadi “over vibration” yang akan mengakibatkan segregasi. Selain itu Rekanan juga harus menjaga agar tulangan – tulangan (terutama tulangan yang telah masuk pada beton) tidak mengalami getaran langsung dari vibrator
- Rekanan harus menyediakan vibrator – vibrator dengan kondisi yang baik dan jumlah yang cukup

- Selama hujan pengecoran tidak boleh dilakukan dan beton yang baru dicor harus dilindungi dari air hujan. Selain itu penghentian beton yang baru dicor harus dilindungi terhadap pengikisan aliran air hujan (terutama pada balok, kolom dan dinding)
 - Sebelum pengecoran berikutnya dikerjakan, seluruh beton yang kena hujan / aliran air hujan harus diperiksa, diperbaiki dan dibersihkan dulu terhadap beton – beton yang tercampur / terkikis air hujan Pengecoran selanjutnya harus mendapatkan izin Direksi Pekerjaan terlebih dahulu
 - Siar – siar pelaksanaan harus ditempatkan sedemikian rupa sehingga tidak banyak mengurangi kekuatan konstruksi
 - Bila tidak ada ketentuan lain, pada pelat dan balok, siar – siar pelaksanaan harus ditempatkan kira – kira pada 1 / 3 bentang. Untuk balok yang ditengah – tengah bentangnya terdapat titik pertemuan dengan balok lainnya maka siar pelaksanaan harus ditempatkan sejauh 2 kali lebar balok dari pertemuan / persilangan
 - Siar harus mulai dibuat pada lokasi dan dimensi yang tetap seperti pada gambar rencana dan penulangan tidak boleh ada yang menerus
- c. Kualitas Pekerjaan Beton
- Direksi pekerjaan berhak menolak semua pekerjaan beton yang tidak memenuhi syarat seperti :
 - ✓ Konstruksi beton keropos
 - ✓ Konstruksi beton yang tidak sesuai dengan bentuk yang direncanakan atau posisinya yang tidak sesuai dengan gambar
 - ✓ Konstruksi yang tidak tegak lurus atau rata seperti yang direncanakan
 - ✓ Konstruksi beton berisikan kayu atau benda lain
 - ✓ Konstruksi beton yang mengalami cacat – cacat lainnyaRekanan harus mengganti / membongkar dan memperbaiki beton – beton yang tidak memenuhi syarat atas biaya sendiri sesuai dengan instruksi dari Direksi Pekerjaan dan Perencana
 - Kekuatan beton harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI

- Struktur beton harus mempunyai ukuran – ukuran dimensi lokasi dan bentuk yang tidak boleh melampaui toleransi di bawah ini :
 - ✓ Posisi garis as dari penyelesaian bagian struktur pada semua titik maksimum bergeser 60,5 cm dari posisi seharusnya
 - ✓ Variasi ukuran – ukuran dimensi struktur yang < 3 m adalah 60,5 cm
 - ✓ Variasi ukuran – ukuran dimensi struktur yang > 3 m adalah 61 cm

d. Perawatan beton

- Selama proses pengerasan beton, konstruksi beton, cetakan dan penulangan tidak boleh terganggu atau mengalami pembebanan yang dapat merusak struktur beton muda ini. Oleh karena itu Rekanan dilarang menggunakan struktur beton yang masih muda umurnya untuk tempat penimbunan material atau lalu lintas kerja (minimal 14 hari umurnya)
- Beton harus dilindungi dari hujan lebat, aliran air hujan dan dari kerusakan yang disebabkan oleh alat – alat. Dua jam setelah pengecoran beton, semua beton harus selalu dalam keadaan basah, paling sedikit 7 hari dengan cara dibasahi dengan air terus menerus, direndam air atau dengan sistem disiram air dari pipa yang berhubungan atau sistem lain yang dapat membuat kondisi beton basah, untuk kolom beton dapat digunakan karung basah yang dililitkan
- Bekesting kayu tetap dibiarkan tinggal agar beton itu tetap basah selama perawatan untuk mencegah retak pada sambungan dan pengeringan beton yang terlalu cepat
- Air yang dipergunakan untuk perawatan harus air dan sama sekali bebas dari unsur – unsur kimia yang mungkin menyebabkan perubahan warna beton

1.4. PEKERJAAN TIANG PANCANG

1. LINGKUP PEKERJAAN

Lingkup pekerjaan ini meliputi pekerjaan pengadaan dan pemancangan tiang pancang beton pracetak beserta semua pekerjaan pendahuluan dan ikutannya sedemikian sehingga tiang-tiang terpancang sesuai dengan

gambar dan spesifikasi. Lingkup pekerjaan juga mencakup pekerjaan-pekerjaan sebagai berikut:

- a. Mobilisasi dan demobilisasi alat-alat pancang *hydraulic piling hammers* termasuk penyiapan lahan sehingga alat pancang bisa beroperasi dengan baik dan pembersihan lahan dari tiang-tiang yang patah dan sebagainya.
- b. *Jumlah alat pancang* minimum yang secara serempak disiapkan harus dihitung berdasarkan jumlah Tiang pancang, kapasitas pemancangan dan time schedule yang sudah ditentukan.
- c. Pengukuran / stake out titik-titik pancang
- d. Pembuatan direksi keet beserta isinya sesuai gambar terlampir.
- e. Pengadaan *hydraulic piling hammers* dan pemancangan tiang.
- f. Pemancangan dengan Dolly/Follower panjang max.3m apabila diperlukan.
- g. Pemancangan ulang (Redriving) apabila diperlukan.

2. PERSYARATAN BETON

- a. Beton Prestressed
 - Tiang Pancang beton pratekan harus dibuat di pabrik (prefabricated) dengan sistem Pretension oleh pabrik Tiang Pancang yang berpengalaman yang disetujui oleh Direksi/Pengawas.
 - Khusus untuk Tiang Pancang beton prestressed maka digunakan mutu beton $f'c42,30$ MPa (K-500) atau sesuai ketentuan pada gambar.
 - Syarat-syarat bahan beton, besi beton termasuk pengetesan mutunya harus sesuai dengan spesifikasinya “PEKERJAAN BETON BERTULANG”, kecuali jika ditentukan lain dalam pasal ini.
- b. Penyimpanan dan pengangkutan tiang beton
 - Semua tiang pancang tidak boleh mengalami keretakan baik pada saat sebelum dipancang maupun sesudah dipancang ataupun mengalami kerusakan struktur.
 - Dan bila hal ini terjadi, maka tiang tersebut tidak boleh dipakai dan Rekanan diharuskan menggantikan tiang tersebut dengan tiang yang baik.

- Semua tiang pancang harus diturunkan dari alat pengangkut dengan hati-hati.
- Semua tiang pancang beton pracetak harus disimpan diatas bantalan dan tidak menempel pada tanah, juga saling dipisahkan satu sama lainnya dengan balok balok kayu berukuran dan berkekuatan cukup.
- Bila diangkat, dipindahkan, diderek atau dimiringkan maka tiang pancang beton pracetak tidak boleh mengalami tegangan pada beton atau penulangannya yang lebih besar dari setengah kekuatan kubus beton pada tiang pancang itu ataupun setengah dari kekuatan terhitung penulangannya.
- Cara dan peralatan untuk mengangkutnya harus sesuai dengan petunjuk Direksi/Pengawas.
- Sebelum dilakukan pemancangan tiang beton pracetak, harus diteliti hal-hal sebagai berikut :
 - ✓ Kedataran dan stabilitas mesin pancang *hydraulic piling hammers*
 - ✓ Kekuatan dan keamanan tiang pancang beton pracetak
 - ✓ Ukuran Tiang pancang
 - ✓ Panjang yang tepat dari tiang pancang
 - ✓ Keutuhan bentuk
 - ✓ Keadaan dari topi paking (*helmet packing*)
 - ✓ Alat pemancang harus segaris dengan sumbu tiang pancang.

3. PERSYARATAN ALAT PANCANG

- a. Rekanan harus menyediakan alat pancang lengkap dengan Dolly/follower panjang 3 meter dengan jumlah yang cukup secara serempak sedemikian sehingga Time Schedule yang ditentukan bisa tercapai.
- b. Semua peralatan yang berhubungan dengan pekerjaan pemasangan tiang, seperti *hydraulic piling hammers*, harus dalam kondisi baik dan memadai untuk pekerjaan pemancangan.
- c. Alat pancang harus menghasilkan pukulan terhadap tiang pancang secara lurus dan vertikal, tidak berbelok-belok/melengkung sehingga tidak

merusak tiang pancang serta menghasilkan energi Pemancangan yang tinggi.

- d. Bila ada persyaratan yang khusus dalam pengadaan peralatan pemancangan maka harus dijelaskan pada waktu memasukkan penawaran. Persyaratan-persyaratan harus dibuat secara khusus/spesifik dan tidak secara umum, karena pihak Rekanan dianggap sudah tahu mengenai pelaksanaan pengadaan dan pemindahan peralatan pemancangannya. Pemilihan Helmet untuk pekerjaan pemancangan harus sesuai dengan ukuran tiang pancang.
- e. Bantalan pemancangan dengan ketebalan minimum 5 cm harus secara teratur diganti dengan yang baru.
- f. Rekanan harus menyediakan peralatan-peralatan khusus yang dibutuhkan dalam pemancangan tiang sesuai dengan spesifikasi.
- g. Semua pemeriksaan dan pengujian yang disyaratkan oleh peraturan harus benar-benar dituruti.
- h. Kerusakan kecil pada peralatan harus diperbaiki didalam lokasi/site bilamana mungkin.
- i. Bila terpaksa dilakukan pemindahan peralatan guna perbaikan kerusakan, maka Rekanan harus dapat membawa peralatan penggantinya ke lokasi/site sebelum yang rusak dibawa pergi dan mendapat persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas.
- j. Untuk memberikan jaminan kelancaran produksi tiang pancang dan pelaksanaan pemancangan, maka Rekanan harus menunjukkan surat dukungan dari perusahaan atau produsen pembuat tiang pancang tentang kesanggupan produksi dalam jumlah yang cukup selama masa pelaksanaan pekerjaan pemancangan. Demikian pula apabila pekerjaan di laksanakan oleh pihak ketiga (Sub Rekanan) maka Rekanan harus menunjukkan surat dukungan dari Sub Rekanan tersebut tentang ketersediaan alat-alat pemancangan dalam kondisi yang cukup dan siap operasional guna memenuhi target waktu pelaksanaan pemancangan tersebut.

4. KEADAAN TANAH/SOIL DATA

Informasi dan data yang diperoleh dari Penyelidikan Tanah dan informasi tentang tipe strata tanah yang akan dijumpai dilahan dapat diminta dari pihak Direksi/Pengawas. Apabila Rekanan ingin mendapatkan tambahan data mengenai keadaan tanah tersebut, maka Rekanan boleh mengadakan penyelidikan tanah tambahan atas biaya sendiri.

5. IZIN PELAKSANAAN PEMANCANGAN & KEBISINGAN

- a. Rekanan harus memastikan bahwa bangunan-bangunan sekeliling, pekerjaan-pekerjaan yang sedang berjalan dan tetangga yang langsung berdekatan tidak mengalami gangguan kebisingan dan getaran yang mungkin dapat ditimbulkan oleh pemancangan.
- b. Rekanan harus menanyakan pada Direksi/Pengawas dan atau Pemerintah setempat untuk mengetahui apakah metoda kerja yang diusulkannya dapat diterima.
- c. Rekanan juga harus meminta penjelasan dari Pemerintah setempat dan lingkungan sekitar, tentang :
 - Jam-jam kerja yang diizinkan.
 - Tingkat kebisingan maximum yang boleh ditimbulkan dari site.
 - Batasan waktu memenuhi persyaratan-persyaratan tertentu.

6. PERSYARATAN PEMANCANGAN

- a. Stake Out/penentuan titik-titik pancang
 - Rekanan bertanggung jawab terhadap pemasangan patok untuk menetapkan kedudukan Tiang Pancang yang perlu disetujui pihak
 - Direksi/Pengawas secara tertulis sebelum dimulainya pemancangan. Kedudukan/posisi dari tiap-tiap Tiang Pancang harus ditandai dengan patok bergaris tengah 80 mm dengan panjang 450 mm yang ditancapkan pada tanah.
 - Pada bagian atas patok sepanjang 150 mm harus dicat dengan warna yang mudah terlihat (meyolok).

- Stake Out harus dilakukan oleh surveyor-surveyor yang berpengalaman dengan menggunakan alat ukur/theodolite bukan dengan cara manual.
 - Surveyor-surveyor tersebut berikut alat ukurnya harus selalu berada dilapangan sepanjang pelaksanaan pemancangan khususnya untuk mendata tiang-tiang yang sudah terpancang dari segi deviasi letak.
 - Untuk mengukur deviasi kemiringan maka Rekanan harus menyediakan dan menggunakan alat khusus yaitu “angle meter”.
 - Pada waktu pemancangan, setiap bagian tiang yang dipancang harus benar-benar dalam keadaan vertikal, dan pada akhir pemancangan setiap bagian, posisi kepala tiang harus diperiksa terhadap posisi rencana.
- b. Umur & Mutu Tiang pancang
- Tiang pancang hanya boleh dipancang setelah mencapai mutu yang disyaratkan.
 - Apabila mendapat persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas, maka dapat digunakan additive yang mempercepat pencapaian mutu beton.
 - Rekanan harus mengajukan secara tertulis additive yang akan digunakan kepada Direksi/Pengawas.
 - Additive yang digunakan tidak boleh mempunyai efek buruk terhadap tulangan, kabel, restressed dan beton baik jangka pendek maupun jangka panjang.
 - Walaupun digunakan mutu beton tercapai dalam waktu yang lebih singkat karena digunakan additive, hanya tiang pancang yang sudah berumur min. 14 (empat belas) hari yang boleh dipancang.
- c. Urutan Pemancangan
- Rekanan harus memasukkan usulan secara detail urutan pemancangan untuk memperoleh persetujuan tertulis dari pihak Direksi/Pengawas sebelum dilakukan pemancangan.
 - Urutan tersebut harus disusun sedemikian rupa untuk menghindari terangkatnya kembali (up lifting) tiang pancang .

- Bila ada tiang pancang yang mengalami hal tersebut harus segera dilaporkan pada Direksi/Pengawas.
- Selanjutnya, Rekanan harus bertanggung jawab untuk melaksanakan semua usaha untuk memancang kembali (redriving) tiang pancang yang terangkat tersebut.

d. Pemberian tanda pada tiang pancang

Semua tiang pancang beton pra cetak harus mempunyai tanda-tanda sbb:

- ✓ Ukuran tiang
- ✓ Tanggal pengecoran
- ✓ Nomor urut/referensi
- ✓ Tanda panjang tiang dengan interval tiap 50, 25, dan 10 cm masing-masing pada segment I, II, dan III.

e. Syarat sambungan tiang pancang

- Apabila ditentukan dalam gambar, maka penyambungan tiap bagian tiang harus dilakukan secermat mungkin sehingga sumbu dari bagian-bagian tiang yang bersangkutan merupakan satu garis lurus (bukan garis patah) dan bidang-bidang sambungan harus kontak satu sama lain.
- khusus untuk keperluan Supervisi yang berhubungan dengan alignment dan hal-hal tersebut diatas, harus ditugaskan seorang sarjana Teknik Sipil yang berpengalaman.

7. PILE INDICATOR

- a. Untuk menentukan panjang yang mendekati keadaan sebenarnya dari tiang pancang yang akan diproduksi maka Rekanan wajib melaksanakan pembuatan dan pemancangan Pile Indicator terlebih dahulu.

Ketentuan Pile Indicator adalah sebagai berikut :

- Panjang : Panjang Tiang Pancang dalam gambar + 2 meter.
 - Jumlah : 5 % dari jumlah masing-masing tiang
- b. Pada dasarnya, Rekanan tidak diperkenankan memesan Tiang Pancang selain guna keperluan pile indicator tersebut, kecuali Rekanan menanggung resiko semua hal-hal yang tersebut pada butir dibawah.

- c. Titik lokasi Pile Indicator akan ditentukan kemudian oleh Perencana Struktur
 - d. Berdasarkan hasil pemancangan Pile Indicator tersebut maka, Perencana Struktur akan menentukan panjang tiang yang sebenarnya untuk digunakan dalam pelaksanaan.
 - e. Panjang tiang yang sebenarnya tersebut akan dijadikan sebagai dasar perhitungan pekerjaan tambah/kurang terhadap penawaran Rekanan, yang dihitung berdasarkan harga satuan / m' dalam penawaran tersebut.
 - f. Dengan memperhatikan prestasi pekerjaan yang sudah dilaksanakan oleh Rekanan, Perencana Struktur berwenang untuk mengadakan revisi terhadap panjang tiang yang ternyata, walaupun sudah mengikuti panjang Pile Indicator, tiang-tiang yang terpancang ternyata masih lebih panjang/lebih pendek dari direncanakan.
 - g. Keadaan tersebut diatas akan merupakan pekerjaan Tambah/kurang dengan berpatokan kepada harga satuan dalam penawaran Rekanan.
 - h. Rekanan akan bertanggung jawab terhadap semua resiko dan biaya yang timbul apabila tidak melakukan pemancangan Pile Indicator antara lain :
 - i. Apabila ternyata tiang yang terpancang lebih pendek dari tiang yang dalam gambar, maka akan terdapat pekerjaan kurang.
 - j. Apabila ternyata tiang yang dipancang kurang panjang: maka Rekanan harus menggantikan tiang-tiang tersebut dengan baru dengan panjang sedemikian sehingga mencapai kalendering yang diisyaratkan dan tidak merupakan pekerjaan tambah.
 - k. Time schedule semula tetap berlaku dan tidak ada perpanjangan Time shedule.
8. PEMERIKSAAN DAN PENCATATAN PEMANCANGAN
- a. Berdasarkan hasil soil investigation, maka tiang pancang yang digunakan pada dasarnya merupakan *end bearing pile*.
 - b. Semua tiang tanpa kecuali, harus disertai dengan pencatatan pemancangan dari awal sampai akhir berupa Piling Records.

- c. Semua tiang tanpa kecuali, harus disertai dengan pencatatan nilai final set kalendering pada hydraulic piling hammers yang menunjukkan kapasitas dukung tiang tunggal
- d. Copy hasil pembacaan final set kalendering pada hydraulic piling hammers harus disampaikan oleh Rekanan pada Direksi/Pengawas untuk langsung dievaluasi secara bertahap *tiap sore hari* untuk pemancangan yang dilakukan pada hari tersebut sepanjang kemajuan proyek.
- e. Secara umum disyaratkan bahwa Rekanan harus memperoleh persetujuan tertulis dari Direksi/Pengawas sebelum memulai hal-hal sbb :
 - Pengecoran tiang pancang beton pracetak.
 - Pengangkatan tiang pancang beton pracetak.
 - Pemancangan tiang pancang beton pracetak.
 - Penghentian pemancangan tiang Pancang beton pracetak.
 - Pengujian mutu beton tiang pancang beton pracetak.
 - Dan lain-lain.

9. PEMANCANGAN ULANG (REDRIVING)

Setiap saat dan setelah semua pemancangan selesai dilaksanakan, semua posisi kepala tiang harus diperiksa apakah terjadi pengangkatan tiang. Dan bila terjadi pengangkatan tiang lebih besar atau sama dengan 3 (tiga) mm, maka tiang-tiang tersebut harus dipancang ulang (redriving). Semua biaya pemancangan ulang tersebut merupakan tanggung jawab Rekanan.

10. PENGHENTIAN PEMANCANGAN

- a. Pada prinsipnya, semua pemancangan harus dilakukan sampai kedalaman sesuai gambar rencana.
- b. Apabila ternyata kedalaman yang ditentukan tidak dapat dicapai, maka Perencana Struktur bersama-sama dengan Soil Engineer dari perusahaan Soil Investigation akan mengevaluasi kejadian tersebut untuk melihat apakah hal tersebut disebabkan oleh alat pancang yang kurang baik atau

akibat kondisi tanah (misal adanya “lapisan lensa”) atau akibat-akibat lainnya.

- c. Pada keadaan tersebut diatas, Rekanan tidak boleh meneruskan pekerjaan pemancangan maupun produksi tiang pancang sebelum mendapat petunjuk/perintah lebih lanjut dari Perencana Struktur dan Rekanan akan menanggung semua resiko-resiko yang mungkin timbul apabila melalaikannya.
- d. Rekanan tidak dibebani biaya yang timbul karena pemancangan tiang baru akibat adanya pondasi bangunan eksisting yang menyebabkan kedalaman tiang yang ditentukan tidak dapat dicapai.
- e. Rekanan hanya boleh meneruskan pekerjaannya setelah mendapat petunjuk dari Direksi/Pengawas.
- f. Pemancangan setiap tiang pancang yang terdiri dari beberapa segment harus diselesaikan secara tuntas dan kontinu mencakup seluruh segment tiang tersebut dan sama sekali tidak boleh ditinggalkan untuk dikerjakan/disambung lagi pada esok harinya.
- g. Rekanan harus mengatur sedemikian rupa sehingga tidak terjadi tiang pancang yang belum selesai/tuntas dan tidak dilanjutkan pada esok harinya.
- h. Apabila keadaan tersebut terjadi, maka tiang tersebut dianggap gagal dan harus diganti dengan tiang baru atas biaya Rekanan dan tanpa merubah/mempengaruhi Time Schedule yang sudah ditetapkan.

11. TOLERANSI POSISI DAN KEMIRINGAN

Toleransi posisi horizontal tiap kepala tiang pada elevasi permukaan tanah sebesar 50 mm kesegala arah poros ke poros. Toleransi kemiringan adalah 1 : 200. Rekanan harus menanggung biaya semua pekerjaan tambah yang menurut Perencana Struktur perlu dilakukan karena adanya tiang yang dipancang pada posisi diluar toleransi tersebut diatas, misalnya penambahan tulangan, pembesaran Tie Beam/ Pile Cap atau penambahan Tiang pancang .

12. PILING RECORD

Catatan lengkap tentang pemancangan harus diambil pada tiang pemancangan. Sesudah selesainya satu hari pemancangan maka lembaran catatan asli tersebut harus diserahkan pada Direksi/Pengawas bersama duplikatnya untuk disetujui secara tertulis dan disajikan dalam bentuk tabulasi.

Catatan tersebut harus memuat hal-hal sebagai berikut :

- a. Lembaran Ringkasan
- b. Tanggal
- c. Jumlah tiang yang dipancangan
- d. Nomor Referensi dari tiang-tiang yang dipancangan
- e. Panjang total dari tiap tiang yang dipancangan
- f. Jenis alat *hydraulic piling hammers*.
- g. Nomor referensi Tiang pancang
- h. Tanggal pengecoran dan tanggal pemancangan
- i. Ketinggian muka tanah dan ketinggian kerjanya (bila ternyata berbeda)
- j. Panjang tiang pancang dari ketinggian kerja
- k. Perincian tentang adanya hambatan/obstruksi dan waktu yang dibutuhkan untuk menembusnya.
- l. Perincian penundaan waktu dan alasannya
- m. Susunan perletakan (set) tiang pancang : pada saat awal dan juga sesudah pemukiman sesudah pemukiman kembali karena adanya pengangkatannya.
- n. Progress atau urutan pemancangan dalam bentuk gambar denah pemancangan tiang.
- o. Pembacaan final set kalendering untuk semua tiang yang terpancang dinformasikan secara sistematis dengan hitungan nilai kasar kapasitas dukung tiang tunggal berdasarkan rumus *Hiley's Formula*.
- p. Catatan-catatan lain yang diperlukan
- q. Gambar Autocad tentang deviasi tiang-tiang baik terhadap titik rencana maupun kemiringan pada tiap titik kolom.

- r. Gambar deviasi tiang-tiang pada tiap titik kolom ini harus dibuat guna keperluan evaluasi Perencana Struktur terhadap deviasi yang akan terjadi dilapangan.
- s. Dalam gambar tersebut selain tercantum deviasi masing-masing tiang maka harus dicantumkan juga deviasi resultante dari group tiang pada titik kolom tersebut.

13. PERKIRAAN KAPASITAS DUKUNG TIANG

- a. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat Pile Driving Analyzer (PDA) dengan jumlah tiang pancang yang akan diuji dengan PDA adalah 3 titik yang ditentukan oleh perencana berdasarkan data-data final set kalendering tiang terpancang. Tiang pancang yang diuji sudah dalam keadaan terpancang dan pengujian dilakukan dengan re-drive atau re-strike menggunakan *hydraulic piling hammers*.
- b. Hasil utama dari pengetesan adalah untuk memperoleh informasi Keutuhan Tiang dan Daya Dukung Ultimate Aksial tiang pada saat pengujian. Analisa dinamis terhadap rekaman data lapangan dilakukan dengan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*). Pengujian dan interpretasi hasil uji PDA hanya boleh dilakukan oleh tenaga ahli tersertifikasi (SKA).
- c. Semua biaya yang terkait dengan pengujian PDA dibebankan kepada Rekanan.

**2. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) BANGUNAN PASAR
KABUPATEN BATANG.**

PASAR KABUPATEN BATANG					
Rencana Anggaran Bangunan					
NO.	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	HARGA SATUAN Rp.	JUMLAH HARGA Rp.	TOTAL HARGA Rp.
I.	Mini Pile				Rp 440,160,000.00
	Mobilisasi & Demobilisasi Alat Pancang	1 alt	Rp 40,000,000.00	Rp 40,000,000.00	
	Mini Pile 25x25	1312 bh	Rp 185,000.00	Rp 242,720,000.00	
	Handling Tiang Pancang & Upah Pemancangan Jacking Pile	1312 bh	Rp 120,000.00	Rp 157,440,000.00	
II.	Beton Pile Cap				Rp 16,018,401,395.46
	Galian Tanah Biasa	788.4915 m3	Rp 58,162.50	Rp 45,860,636.87	
	Urugan Pasir Padat	96.1575 m3	Rp 201,987.50	Rp 19,422,613.03	
	Lantai Kerja	51.284 m3	Rp 1,078,570.44	Rp 55,313,406.34	
	Batu Belah 1 SP : 3PP	1138.566 m3	Rp 907,362.50	Rp 1,033,092,092.18	
	Urugan Kembali	262.8305 m3	Rp 11,458.33	Rp 3,011,599.48	
	Pile Cap 2	57.38 m3	Rp 13,197,901	Rp 757,236,155.43	
	Pile Cap 4	38.42 m3	Rp 6,409,503	Rp 246,227,467.88	
	Pile Cap 6	269.70 m3	Rp 41,750,580	Rp 11,259,964,437.79	
	Pile Cap 8	4.82 m3	Rp 2,520,424	Rp 12,138,361.83	
	Pile Cap 3	100.59 m3	Rp 25,708,637	Rp 2,586,134,624.64	
III.	Beton Tie Beam				Rp 1,017,689,403.98
	S1-70x25	3.66 m3	Rp 2,975,331	Rp 10,882,272.32	
	S2-50x25	323.14 m3	Rp 3,032,329	Rp 979,878,069.94	
	S3-40x25	3.76 m3	Rp 3,093,546	Rp 11,631,732.94	
	S4-60x25	5.10 m3	Rp 2,999,476	Rp 15,297,328.78	
IV.	Beton Kolom				Rp 10,509,123,747.23
	Kolom Tipe K1	5.60 m3	Rp 10,174,021	Rp 56,974,519.39	
	Kolom Tipe K2	7.17 m3	Rp 11,542,674	Rp 82,737,883.91	
	Kolom Tipe K3	12.60 m3	Rp 11,681,927	Rp 147,192,285.44	
	Kolom Tipe K4	21.95 m3	Rp 12,448,297	Rp 273,265,012.87	
	Kolom Tipe K5	47.04 m3	Rp 13,789,817	Rp 648,672,984.39	
	Kolom Tipe K6	623.53 m3	Rp 13,377,879	Rp 8,341,448,876.44	
	Kolom Tipe K7	69.82 m3	Rp 13,733,506	Rp 958,832,184.80	
V.	Beton Balok				Rp 15,179,261,870.73
	Balok Tipe B1	8.90 m3	Rp 9,578,250	Rp 85,212,896.94	
	Balok Tipe B2	2.13 m3	Rp 16,892,913	Rp 35,918,556.83	
	Balok Tipe B2K	2.78 m3	Rp 17,628,221	Rp 49,050,523.95	
	Balok Tipe B12	7.70 m3	Rp 16,079,125	Rp 123,873,578.02	
	Balok Tipe B3	410.39 m3	Rp 16,768,474	Rp 6,881,655,833.37	
	Balok Tipe B10	4.19 m3	Rp 14,544,665	Rp 60,934,872.57	
	Balok Tipe B3K	7.93 m3	Rp 17,222,754	Rp 136,533,384.65	
	Balok Tipe B4	3.75 m3	Rp 16,788,939	Rp 62,958,521.52	
	Balok Tipe B9	4.09 m3	Rp 11,873,296	Rp 48,514,287.02	
	Balok Tipe B8	4.24 m3	Rp 11,182,187	Rp 47,412,474.90	
	Balok Tipe B5	2.06 m3	Rp 18,510,109	Rp 38,130,823.70	
	Balok Tipe B7	6.46 m3	Rp 11,189,427	Rp 72,238,938.38	

Balok Tipe BA1	347.19	m3	Rp	17,116,397	Rp	5,942,652,578.66	
Balok Tipe BA1K	6.34	m3	Rp	15,471,022	Rp	98,144,295.98	
Balok Tipe BA2	2.07	m3	Rp	17,729,447	Rp	36,699,956.22	
Balok Tipe BT1	1.15	m3	Rp	14,568,867	Rp	16,783,334.39	
Balok Tipe BR1	1.57	m3	Rp	14,672,446	Rp	23,035,739.85	
Balok Tipe BR2	2.22	m3	Rp	16,574,195	Rp	36,836,148.00	
Balok Tipe BR3	47.16	m3	Rp	17,061,245	Rp	804,608,335.41	
Balok Tipe BR3K	0.41	m3	Rp	16,903,986	Rp	6,972,894.38	
Balok Tipe BR4	0.27	m3	Rp	16,565,522	Rp	4,431,277.23	
Balok Tipe BRA1	35.30	m3	Rp	15,564,492	Rp	549,475,198.13	
Balok Tipe BRA1K	0.66	m3	Rp	16,474,566	Rp	10,914,399.96	
Balok Tipe BRA2	0.36	m3	Rp	17,670,481	Rp	6,273,020.65	
VI. Beton Pelat							Rp 17,479,156,326.45
Pelat Tipe T12	1000.47	m3	Rp	16,939,988	Rp	16,947,891,678.06	
Pelat Tipe T15	104.60	m3	Rp	3,201,484	Rp	531,264,648.38	
VI. Beton Tangga							Rp 542,158,184.33
Tangga Tipe A	24.64	m3	Rp	15,391,906	Rp	379,287,335.34	
Tangga Tipe B	11	m3	Rp	14,993,174	Rp	162,870,848.99	
VI. Kuda-Kuda KK1							Rp 735,750,276.42
GIP 5"	1990.10	m	Rp	150,100	Rp	298,713,910.50	
GIP 8"	882.63	m	Rp	465,949	Rp	411,260,565.87	
GIP 12"	28.70	m	Rp	898,112	Rp	25,775,800.05	
VII. Kuda-Kuda KK1'							Rp 167,151,012.16
GIP 5"	392.40	m	Rp	150,100	Rp	58,899,220.38	
GIP 8"	216.52	m	Rp	465,949	Rp	100,887,277.48	
GIP 12"	8.20	m	Rp	898,112	Rp	7,364,514.30	
VIII. Kuda-Kuda KK2							Rp 158,790,069.21
GIP 2"	1353.24	m	Rp	105,088	Rp	142,208,845.32	
GIP 6"	66.36	m	Rp	249,868	Rp	16,581,223.89	
IX. Kuda-Kuda KP1							Rp 218,322,102.24
GIP 3"	979.20	m	Rp	134,666	Rp	131,864,531.04	
GIP 5"	576.00	m	Rp	150,100	Rp	86,457,571.20	
X. Kuda-Kuda KP2							Rp 332,783,879.39
GIP 2"	1049.94	m	Rp	105,088	Rp	110,335,753.49	
GIP 3"	1482.00	m	Rp	150,100	Rp	222,448,125.90	
XI. Kuda-Kuda JR2							Rp 2,919,156.84
GIP 2"	9.21	m	Rp	105,088	Rp	967,857.49	
GIP 3"	13.00	m	Rp	150,100	Rp	1,951,299.35	
XII. Item Kuda-Kuda							Rp 1,974,145,029.69
Gording 150.65.20.3,2	49427.07	kg	Rp	28,028	Rp	1,385,341,777.82	
Ikatan Angin	23435.89	kg	Rp	25,124	Rp	588,803,251.87	
Volume Murbaut 4M19	15623.93	kg	Rp	25,124	Rp	392,535,501.25	
Volume Murbaut 4M16	15623.93	kg	Rp	25,124	Rp	392,535,501.25	
Volume Plat Landas T=22MM	15623.93	kg	Rp	21,604	Rp	337,539,283.91	
Volume Plat Landas T=19MM	15623.93	kg	Rp	21,604	Rp	337,539,283.91	
Volume Angkur 6M25	15623.93	kg	Rp	25,124	Rp	392,535,501.25	
Volume Angkur 6M20	15623.93	kg	Rp	25,124	Rp	392,535,501.25	

XIII. Gunungan						Rp 136,000,476.00
KG1 elv. 4 m	8.40	m3	Rp	8,304,229	Rp	69,755,525.73
KG1 elv. 6.75 m	8.10	m3	Rp	8,178,389	Rp	66,244,950.27
KG1 elv. 8.29 m	9.95	m3	Rp	8,088,269	Rp	80,462,102.75
KG1 elv. 8.8 m	5.28	m3	Rp	8,026,205	Rp	42,378,359.87
KG2 elv. 2.3 m	1.27	m3	Rp	10,658,335	Rp	13,542,693.22
RG1	20.47	m3	Rp	7,573,446	Rp	155,028,444.82
RG2	6.26	m3	Rp	8,612,908	Rp	53,909,912.21
TOTAL						Rp 64,911,812,930.13



BAB VI

PENUTUP

1. SIMPULAN

Dengan menggunakan standar terbaru untuk redesain struktur bangunan Pasar Batang maka didapatkan hasil redesain sebagai berikut:

1. Untuk perencanaan struktur bawah/pilecap pada bangunan Pasar Kab. Batang terdapat redesain penambahan volume pada join-join tertentu dengan adanya penambahan beban bangunan pasar dan direncanakan menggunakan mutu beton K-250 ($f_c' = 21,15$ MPa). Sedangkan minipile menggunakan Ex-TONGGAK AMPUH dengan mutu beton K-500 ($f_c' = 42,30$ MPa).
2. Perencanaan redesain terdapat penambahan tangga berjalan/eskalator serta menambahkan luas area parkir untuk sepeda motor yang berbeda pada desain sebelumnya.
3. Perencanaan struktur bangunan Pasar Kab. Batang dalam redesain ini dengan kenyataannya berbeda, melalui program SAP2000 v17 terdapat penambahan tipe balok yaitu B6, B7, B8, B9, dan B10. Untuk struktur kolom terdapat perubahan dimensi yaitu pada K1, K2, K3, K4, K6, dan K7, serta perubahan *pilecap* terutama pada *joint-joint* di sekitar tangga berupa penambahan titik minipile.
4. Dalam redesain perencanaan beban atap pada bangunan Pasar Kab. Batang dihitung beban angin dengan mengacu parameter yang telah ditentukan pada *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)*.
5. Berdasarkan hasil perencanaan awal, diketahui jenis tanah dasar merupakan tanah lunak dengan nilai SDS sebesar 0,596 dengan gaya geser gempa (V) statik yang terjadi sebesar 10527,13638 kN. Sedangkan berat bangunan (W) dihitung menggunakan perbandingan DL+0,3LL, didapat nilai sebesar 141303,844 kN.
6. Didapatkan juga hasil perhitungan RAB untuk redesain struktur bangunan Pasar Kabupaten Batang dengan harga sebesar Rp. 16,443,158,707.27

untuk pekerjaan struktur bawah dan Rp. 44,572,103,585.18 untuk pekerjaan struktur atas satu lantai dan atap.

2. SARAN

Beberapa saran yang menjadi pertimbangan redesain struktur bangunan Pasar Kabupaten Batang sebagai pusat ekonomi.

1. Meningkatkan kenyamanan bagi pembeli dan penjual dalam transaksi jual-beli di Pasar Kabupaten Batang.
2. Dengan adanya redesain struktur bangunan Pasar Batang meningkatkan minat masyarakat dalam berbelanja di pasar tradisional
3. Memaksimalkan penerapan manajemen keselamatan terhadap bahaya kebakaran maupun gempa bumi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asia, Mitsubishi Elevator. (2010). *“Mitsubishi Electric Escalators Series Z for USA”*. USA: Mitsubishi
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *“Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 1729:2002”*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *“Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012”*. Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *“Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013”*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *“Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727:2013”*. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *“Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2015”*. Jakarta: BSN
- Christady H., Hary, (2011). *“Analisis dan Perancangan Fondasi II”*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Dewobroto, Wiryanto. (2013). *“Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP2000”*. Yogyakarta: Lumina Press
- Dewobroto, Wiryanto, (2005). *“Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0”*, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. (2010). *“Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa”*. Bandung: Penerbit ITB
- Indarto, Himawan dkk. (2013). *“Aplikasi SNI Gempa 1726:2012”*. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
- Konstantinidis, Apostolos. (2008). *“Earthquake Resistant Buildings From Reinforced Concrete”*. Athens: ALTA GRAFICO A.E
- Mehta, C. Kishor, dan William L. Coulbourne. (2013). *“Wind Loads”*. United States of America: American Society of Civil Engineering
- Schodek, Daniel L. (1998). *“Struktur”*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Setiawan, Agus. (2008). *“Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD”*. Jakarta: Erlangga

Tri Cahyo A., Hanggoro dan Chusnul Chotimah, (2015). “*Short Course Aplikasi SNI Terbaru*”. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

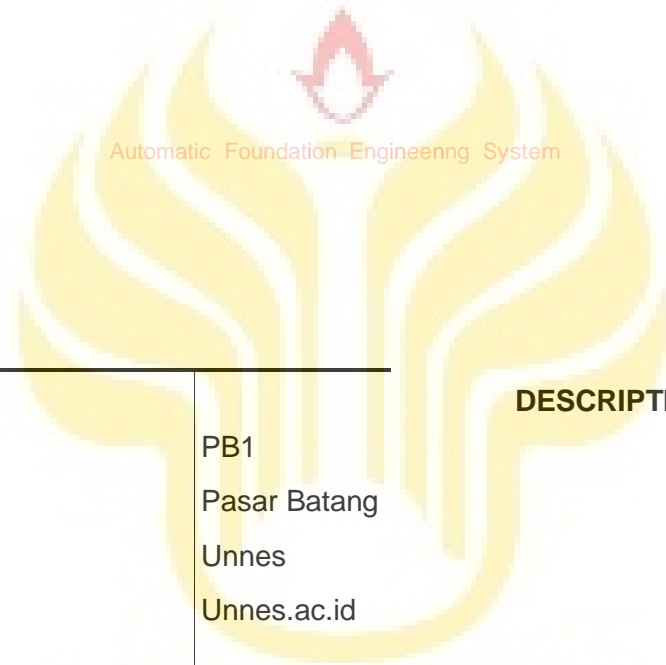
Tri Cahyo A., Hanggoro, (2006). “*Hand Out Rekayasa Pondasi 2*”. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

Vis, W. C., dan Gideon H. Kusuma. (1993). “*Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang*”. Jakarta: Erlangga



FOUNDATION CALCULATION SHEET

One-Stop Solution for Foundation



Automatic Foundation Engineeng System

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

TITLE

DESCRIPTION

PROJECT/JOB NO. PB1
PROJECT/JOB NAME Pasar Batang
CLIENT NAME Unnes
SITE NAME Unnes.ac.id
DOCUMENT NO.
REFERENCE NO.
STRUCTURE NAME PP1
LOAD COMBINATION GROUP NAME

REV	DATE	DESCRIPTION	PREP'D	CHK'D	APPR'D	APPR'D



**Calculation Sheet
of
Foundation**

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 1

FOUNDATION LISTS

GROUP NAME : PP1

No.	Description
1	F1

No.	Description

No.	Description



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**Calculation Sheet
of
Foundation**

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 2

CONTENTS

1. GENERAL

- 1.1 CODE & STANDARD
- 1.2 MATERIALS & UNIT WEIGHT
- 1.3 SUBSOIL CONDITION & SAFETY FACTORS
- 1.4 LOAD COMBINATION

2. DRAWING

- 2.1 LOCATION PLAN
- 2.2 DETAIL SKETCH

3. FOUNDATION DATA

- 3.1 FOOTING DATA
- 3.2 PIER DATA
- 3.3 SECTION DATA
- 3.4 LOAD CASE
- 3.5 LOAD COMBINATION

4. CHECK OF STABILITY

- 4.1 CHECK OF PILE REACTION

5. DESIGN OF FOOTING

- 5.1 DESIGN MOMENT AND SHEAR FORCE
- 5.2 REQUIRED REINFORCEMENT
- 5.3 ONE WAY SHEAR FORCE
- 5.4 TWO WAY SHEAR FORCE
- 5.5 PILE PUNCHING SHEAR FORCE





Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 3

1. GENERAL

1.1 CODE & STANDARD

Items	Description
Design Code	American Concrete Institute (ACI 318)
Horizontal Force for Wind	UNIFORM BUILDING CODE (UBC-1997)
Horizontal Force for Seismic	UNIFORM BUILDING CODE [UBC-1997]
Unit System	Input : MKS, Output : MKS, Calculation Unit : IMPERIAL

1.2 MATERIALS & UNIT WEIGHT

Items	Value
Concrete (fck : compressive strength)	423.000 kgf/cm ²
Lean Concrete (Lfck : compressive strength)	0.000 kgf/cm ²
Reinforcement (D10 ~ D16 , yield strength)	4000.000 kgf/cm ²
Reinforcement (D19 ~ , yield strength)	4000.000 kgf/cm ²
Rs (Soil unit weight)	1.400 ton/m ³
Rc (Concrete unit weight)	2.400 ton/m ³
Es (Steel Modulus of Elasticity)	2.000 10 ⁶ kgf/cm ²
Ec (Concrete Modulus of Elasticity)	305680.700 kgf/cm ²

- Pile Capacity

Items	Value
Pile Name	PHC-12
Footing List	F1
Diameter	250 mm
Length	20 m
Thick	9 mm
Shape	Square
Capacity (Ha , Ua , Va)	2 , 42.2 , 84.3 tonf

1.3 SUBSOIL CONDITION & SAFETY FACTORS

Items	Description
Allowable Increase of Soil (Wind)	0 %
Allowable Increase of Soil (Seismic)	0 %
Allowable Increase of Soil (Test)	0 %
Allowable Increase of Pile Horizontal (Wind)	0 %
Allowable Increase of Pile Horizontal (Seismic)	0 %
Allowable Increase of Pile Horizontal (Test)	0 %
Allowable Increase of Pile Vertical (Wind)	0 %
Allowable Increase of Pile Vertical (Seismic)	0 %
Allowable Increase of Pile Vertical (Test)	0 %



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 4

Allowable Increase of Pile Uplift (Wind)	0 %
Allowable Increase of Pile Uplift (Seismic)	0 %
Allowable Increase of Pile Uplift (Test)	0 %
Safety factor against overturning for OVM1(FO1)	1
Safety factor against overturning for OVM2(FO2)	1
Safety factor against overturning for OVM3(FO3)	1
Safety factor against overturning for OVM4(FO4)	1
Safety factor against sliding for the SL1(FS1)	1
Safety factor against sliding for the SL2(FS2)	1
Safety factor against sliding for the SL3(FS3)	1
Safety factor against sliding for the SL4(FS4)	1
Friction factor (m)	0.35

1.4 LOAD COMBINATION

Comb . ID Load Combination for stability

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | 1.0 SW + 1.0 Operation |
| 2 | 1.0 SW + 1.0 SLx1 |
| 3 | 1.0 SW + 1.0 SLy1 |

Comb . ID Load Combination for Reinforcement

- | | |
|---|------------------------|
| 4 | 1.2 SW + 1.0 Operation |
| 5 | 1.2 SW + 1.0 SLx2 |
| 6 | 1.2 SW + 1.0 SLy2 |


UNNES
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**Calculation Sheet
of
Foundation**

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 5

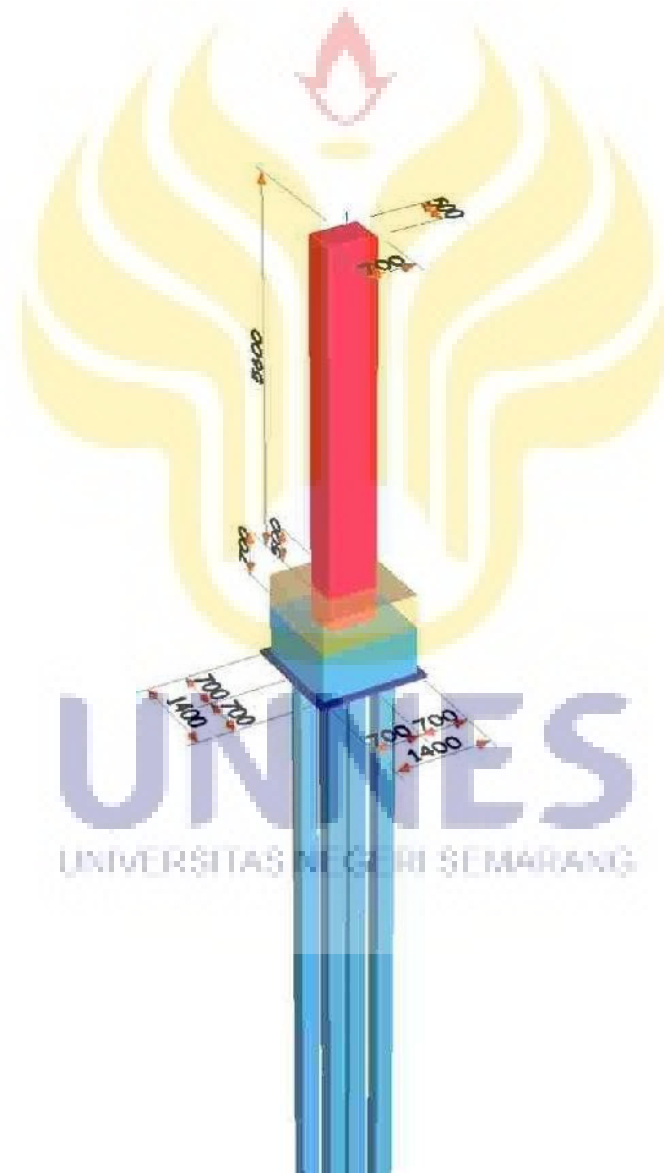
2. DRAWING

2.1 LOCATION PLAN

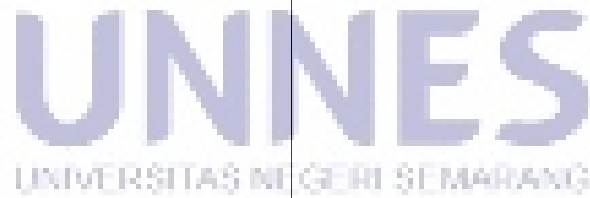
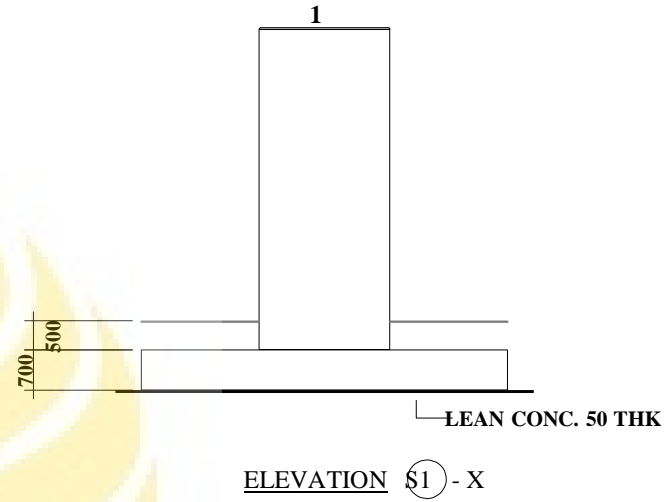
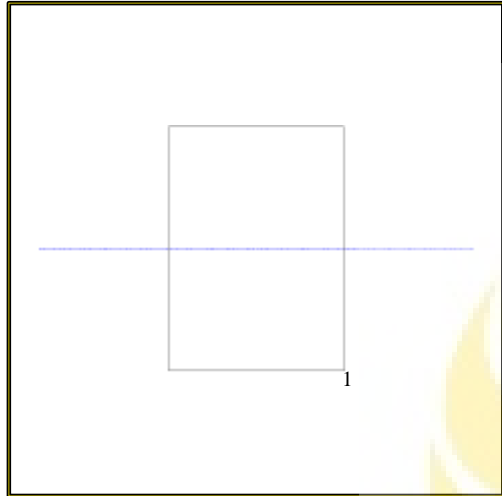
2.2 DETAIL SKETCH



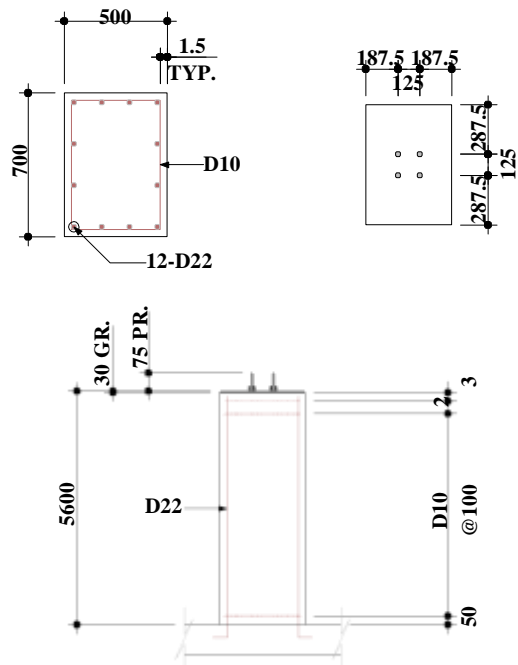
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



OUTPUT UNIT : mm



1



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 12

3. FOUNDATION DATA

3.1 FOOTING DATA

Unit : mm	Ft. Name	F1
	Ft. Type	MAT
1400	Area	1.960 m ²
	Ft. Thickness	700.00 mm
	Ft. Volume	1.372 m ³
	Ft. Weight	3.293 tonf
	Soil Height	500.00 mm
	Soil Volume	0.805 m ³
	Soil Weight	1.127 tonf
	Buoyancy	Not Consider
	Self Weight (except Pr.SW)	4.420 tonf

The Origin coordinate
The Center of Gravity & Pile (0,0) mm

3.2 PIER DATA

Off X , Off Y is offset position from the Center of the footing

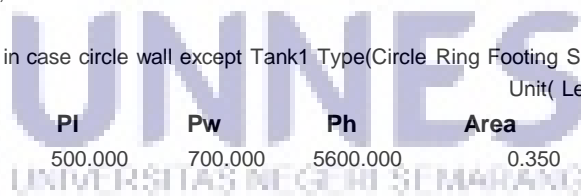
If Pier Shape is Circle or Circle wall, PI is a Diameter. and Pw is a Inner Diameter

Area is pier concrete area

Weight is pier and inner soil weight in case circle wall except Tank1 Type(Circle Ring Footing Shape)

Unit(Length : mm , Weight : tonf , Area : m²)

Ft.Name	Pr.Name	Shape	PI	Pw	Ph	Area	Weight	Off X	Off Y
F1	1	Rectangle	500.000	700.000	5600.000	0.350	4.704	0.000	0.000





Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 13

3.3 SECTION DATA

Ft.Name / Sec.Name F1 / S1

Unit : mm

1400

Direction	All Direct	Section Area	1.960 m ²
F.Volume	1.372 m ³	F.Weight	3.293 tonf
S.Volume	0.805 m ³	S.Weight	1.127 tonf
Pier Wt	4.704 tonf	Total Weight	9.124 tonf

3.4 LOAD CASE

Fz
Mz Fy
 My
 Fx
 Mx

Input the point loads in the global coordinate system direction. Positive directions of moments (shown in the sketch) are based on the right hand rule.

Index	Load Case Name
1	SW
2	Operation
3	SLx1
4	SLy1
5	SLx2
6	SLy2



Unit(tonf , tonf-m)

Ft.Name	Pr.Name	Load Case	Fx	Fy	Fz	Mx	My
		1	0.000	0.000	-4.704	0.000	0.000
		2	-0.440	0.612	-64.669	0.064	-1.513
		3	1.176	1.179	-69.559	2.782	3.306
F1	1	4	0.233	2.318	-72.173	7.470	0.228
		5	2.546	1.742	-84.859	5.384	7.351
		6	0.749	3.911	-89.838	14.314	1.488
		Footing SW	0.000	0.000	-4.420	0.000	0.000



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 14

3.5 LOAD COMBINATION

In Pier Top
without Self Weight

In Footing Bottom
with Pier Self Weight,
But without Footing Self Weight,

In Footing Bottom Center
with Pier & Footing Self Weight & Soil Weight,
Case PileType
in centroid of Pile Group
Case NonPileType
in centroid of Footing

3.5.1 Load Combination in Pier Top (Without SW)

Unit(tonf , tonf-m)

Ft.Name	Pr.Name	L.Comb.	SFx	SFy	SFz	SMx	SMy
		1	-0.440	0.612	-64.669	0.064	-1.513
		2	1.176	1.179	-69.559	2.782	3.306
F1	1	3	0.233	2.318	-72.173	7.470	0.228
		4	-0.440	0.612	-64.669	0.064	-1.513
		5	2.546	1.742	-84.859	5.384	7.351
		6	0.749	3.911	-89.838	14.314	1.488

3.5.2 Load Combination in Footing Bottom (With Pier SW)

Unit(tonf , tonf-m)

Ft.Name	Pr.Name	L.Comb.	SFx	SFy	SFz	SMx	SMy
		1	-0.440	0.612	-69.373	-3.789	-4.287
		2	1.176	1.179	-74.263	-4.647	10.712
F1	1	3	0.233	2.318	-76.877	-7.133	1.693
		4	-0.440	0.612	-70.314	-3.789	-4.287
		5	2.546	1.742	-90.504	-5.592	23.389
		6	0.749	3.911	-95.483	-10.326	6.210

3.5.3 Load Combination in Footing Bottom Center (With Pier & Footing SW)

Load Combination of Elastic Condition

p : PileType

- C.G. of Load is coordinate from left bottom. Unit : mm

Unit(tonf , tonf-m)

Ft.Name	L.Comb.	SFx	SFy	SFz	SMx	SMy	C.G. of Loads
	1	-0.440	0.612	-73.793	-3.789	-4.287	700.0 , 700.0
F1 p	2	1.176	1.179	-78.683	-4.647	10.712	700.0 , 700.0
	3	0.233	2.318	-81.297	-7.133	1.693	700.0 , 700.0



Calculation Sheet of Foundation

Project No. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 15

Load Combination of Ultimate Condition

p : PileType

- C.G. of Load is coordinate from left bottom. Unit : mm

Unit(tonf , tonf-m)

Ft.Name	Sec.Na	L.Comb.	SFx	SFy	SFz	SMx	SMy	C.G. of Loads
		4	-0.440	0.612	-70.314	-3.789	-4.287	700.0 , 700.0
F1 p	S1	5	2.546	1.742	-90.504	-5.592	23.389	700.0 , 700.0
		6	0.749	3.911	-95.483	-10.326	6.210	700.0 , 700.0



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 16

4. CHECK OF STABILITY

4.1 CHECK OF PILE REACTION (Bi-Axial)

4.1.1 Formula

if footing is checked in Buoyancy SFz means SFz - Fb

$$a. \text{ Vertical - Bi Axial : } R = \frac{SFz}{Np} - \frac{SM_y X}{S X_i^2} - \frac{SM_x Y}{S Y_i^2}$$

$$- Ru = R_{max}$$

$$- Uf = \text{Min}[0 , R_{min}]$$

$$- Ru < Va \Rightarrow \text{OK}$$

$$b. \text{ Horizontal - } H_{max} = \frac{(SH_x^2 \pm SH_y^2)}{Np} < H_a \Rightarrow \text{OK}$$

$$c. \text{ Uplift - } Uf < U_a \Rightarrow \text{OK}$$

Ver. / Uf. = Vertical / Uplift

4.1.2 Check of Vertical & Uplift Reaction

Ft.Name	Np(EA)	FI (mm)	Fw (mm)	SXi ² (m ²)	SYi ² (m ²)	Unit(tonf)			
F1	4	1400	1400	0.56	0.56				
Ft.Name	L.Comb.	Pile	R _{Max}	R _{Min}	Ru	Uf	Ra	Ua	Result
	1	PHC-12	23.832	13.064	23.832	0	84.3	42.15	OK
F1	2	PHC-12	29.91	9.431	29.91	0	84.3	42.15	OK
	3	PHC-12	26.208	14.44	26.208	0	84.3	42.15	OK

4.1.3 Check Of Horizontal Reaction

Ft.Name	L.Comb.	Pile	Hmax (tonf)	Ha (tonf)	Result
	1	PHC-12	0.188	1.954	OK
F1	2	PHC-12	0.416	1.954	OK
	3	PHC-12	0.582	1.954	OK





Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 17

5. DESIGN OF FOOTING

5.1 DESIGN MOMENT AND SHEAR FORCE

Footing design is in accordance with ultimate strength method at footing bottom.

Calculated total pier load as

$SQ = SFz - \text{Self Weight Factor (Soil Weight + Footing Weight)}$

Ft.Name : Footing Name , Sec.Name : Strip Name for Footing Reinforcement Design

Dir. : Direction , L.Comb. : Load Combination Index , SI or Sw : Strip X or Y width

5.1.1 Data

Unit(mm , tonf , tonf-m)

Ft.Name	Sec.Na	Dir.	L.Comb.	FI or Fw	SI or Sw	SFz	SM	SQ
F1 p	S1	X	4	1400.00	1400.00	70.314	-4.29	70.314
			5	1400.00	1400.00	90.504	23.39	90.504
			6	1400.00	1400.00	95.483	6.21	95.483
			4	1400.00	1400.00	70.314	-3.789	70.314
S1	Y	5	1400.00	1400.00	90.504	-5.592	90.504	
		6	1400.00	1400.00	95.483	-10.326	95.483	

5.1.2 Design Parameters

Yield Strength - D10 ~ D16 : f_y1 , D19 ~ : f_y2

f_{cl} : Clear Cover for edge of footing reinforcement

f_{clt} : Clear Cover for top of footing reinforcement

f_{p_clb} : Clear Cover for bottom of footing reinforcement (Pile Foundation)

Loc. : Location of Critical Point from left side of footing

Unit(kgf/cm²,mm)

f(Flexure)	f(Shear)	fck	f_y1	f_y2	f_{cl}	f_{clt}	f_{p_clb}
0.9	0.75	423.00	4000.00	4000.00	3.0	3.0	6.0

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**Calculation Sheet
of
Foundation**

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 18

5.2 REQUIRED REINFORCEMENT

5.2.1 Reinforcement Formula

- Shrinkage And Temperature Reinforcement ---- ACI CODE 7.12.2

$As_{s1} = fac \ b \ h$, fac = following

Area of shrinkage and temperature reinforcement shall provide at least the following ratio of reinforcement area to gross concrete area, but not less than 0.0014

- (a) Slabs where Grade 40 or 50 deformed bars are used0.0020
- (b) Slabs where Grade 60 deformed bars or welded wire reinforcement are used.....0.0018
- (c) Slabs where reinforcement with yield stress exceeding 60,000 psi measured at a yield strain of 0.35 percent is used $\frac{0.0018 \ 60,000}{f_y}$

- Required Reinforcement by Analysis

$As_{s2} = r_{req} \ b \ d$

- At every section of flexural members where tensile reinforcement is required

$As_{s5} = \frac{3 \ f_{ck}}{f_y} \ b \ d$ ($As_{s4} = \frac{200}{f_y} \ b \ d$) ---- ACI Eq (10-3)

- The requirements of Eq (10-3) need not be applied, if every section As provided is at least one-third greater than that required by analysis ---- ACI CODE 10.5.3

$As_{s3} = 1.333 \ r_{req} \ b \ d$

$As_{max} = 0.75 \ r_b \ b \ d$

$r_b = 0.85 \ b_1 \ \frac{f_{ck}}{f_y} \ 0.003 \ E_s$
 $0.003 \ E_s + f_y$

Selected $As = \text{Max} (As_{s1} , As_{s2} , \text{Min} (As_{s3} , \text{Max} (As_{s4} , As_{s5})))$

If Selected $As < \text{Using } As < As_{max}$, then OK!!

Note : The reinforcement is calculated bases on the maximum moment under the foundation in each direction.

But, the 'ISO' , 'OCT' , 'HEX' , 'COMB' , 'TANK1' foundations are calaulated as face pier

Where,

$Rn = \frac{Mu}{f_y b d^2}$, $f = 0.9$, $r_{req} = \frac{0.85 \ f_{ck}}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn}{0.85f_{ck}}} \right)$

5.2.2 Check of Footing Reinforcement

Footing Name : F1 GroupType : Mat_Foundation

- X direction (Unit Width)

Sec.Nam	L.Comb.	Using Bar (mm)	Loc. (m)	Width b (m)	d (cm)	As (cm ²)	
S1	6 top	2.03 - D16 @ 150	0.700	0.305	68.905	4.031	
	5 botom	2.03 - D16 @ 150	0.950	0.305	68.605	4.031	
Sec.Nam	L.Comb.	Mu (tonf-m)	Rn	r.Req			
S1	6 top	-	-	-			
	5 bottom	6.825	5.286	0.0013			
Sec.Nam	L.Comb.	As ₁ (cm ²)	As ₂ (cm ²)	As ₃ (cm ²)	As ₄ (cm ²)	As ₅ (cm ²)	As _{max} (cm ²)
S1	6 top	1.920	-	-	7.383	8.590	63.715
	5 bottom	1.920	2.784	3.711	7.351	8.553	63.437
Sec.Nam	L.Comb.	Using As(cm ²)	Select As(cm ²)	Result			
S1	6 top	4.031	1.920	OK			
	5 bottom	4.031	3.711	OK			



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 19

- Y direction (Unit Width)

Sec.Nam	L.Comb.	Using Bar (mm)	Loc. (m)	Width b (m)	d (cm)	As (cm ²)	
S1	6 top	2.03 - D16 @ 150	0.700	0.305	67.315	4.031	
	6 botom	2.03 - D16 @ 150	1.050	0.305	67.015	4.031	
Sec.Nam	L.Comb.	Mu (tonf-m)	Rn	Γ.Req			
S1	6 top	-	-	-			
	6 bottom	1.977	1.605	0.0004			
Sec.Nam	L.Comb.	As ₁ (cm ²)	As ₂ (cm ²)	As ₃ (cm ²)	As ₄ (cm ²)	As ₅ (cm ²)	Asmax(cm ²)
S1	6 top	1.920	-	-	7.213	8.392	62.244
	6 bottom	1.920	0.821	1.095	7.181	8.354	61.967
Sec.Nam	L.Comb.	Using As(cm ²)	Select As(cm ²)	Result			
S1	6 top	4.031	1.920	OK			
	6 bottom	4.031	1.920	OK			



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 20

5.3 ONE WAY SHEAR FORCE

5.3.1 One-Way Shear Formula

ACI 318-05 CODE 11.3.1.1

- For members subject to shear and flexure only.

- $f V_c = 0.75 \sqrt{f_{ck}} B_w d$ (eq 11-3)- $V_u \leq f V_c$, then OK!!

5.3.2 Check of One-Way Shear

Footing Name : F1 GroupType : Mat_Foundation PileType : True

Unit : mm
1400

950

- X direction One-Way Shear (Unit Width)

Sec.Nam	L.Comb.	Loc. (mm)	d (mm)	Bw (mm)	fVc (tonf)	Vu (tonf)	Result
	4	450	686	304.8	17.105	8.899	OK
S1	5	950	686	304.8	17.105	16.642	OK
	6	950	686	304.8	17.105	12.197	OK

- Y direction One-Way Shear (Unit Width)

Sec.Nam	L.Comb.	Loc. (mm)	d (mm)	Bw (mm)	fVc (tonf)	Vu (tonf)	Result
	4	1050	670.1	304.8	16.709	5.252	OK
S1	5	1050	670.1	304.8	16.709	6.885	OK
	6	1050	670.1	304.8	16.709	8.035	OK



Calculation Sheet of Foundation

Project Na. : Pasar Batang

Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 21

5.4 TWO WAY SHEAR FORCE

5.4.1 Two-Way Shear Formula

 $V_u = SFz$ Shade Ratio
(a) $f V_{c1} = 0.75 \cdot 2 \cdot (1 + 2/b_o) \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-33) <- V_{c1} (b) $f V_{c2} = 0.75 \cdot 2 \cdot (1 + a_s \cdot d / 2 b_o) \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-34) <- V_{c2} (c) $f V_{c3} = 0.75 \cdot 4 \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-35) <- V_{c3} $f V_c = \text{Min}(f V_{c1}, f V_{c2}, f V_{c3})$ ACI 318-05 CODE 11.12.2.1 **$V_u < f V_c$, then OK**

where

 b = ratio of long side to short side of the column, concentrated load or reaction area a_s = 40 for interior colimns

= 30 for edge columns

= 20 for corner columns

 b_o = perimeter of critical sectionShade Ratio = $\frac{\text{Footing Area} - \text{Punching Area}}{\text{Footing Area}}$

5.4.2 Check of Two-WayShear

	Ft.Name	F1	Punching Area	16439.240 cm ²
1400	Pr.Name	1	Pile effect	0 / 4
	Shape	Rectangle	f Vc1	701.097 tonf
	L.Comb.	6	f Vc2	1058.695 tonf
	PI	500 mm	f Vc3	577.374 tonf
1	Pw	700 mm	f Vc	577.374 tonf
	bo / d	5144.2 / 686.05 mm	Vu	0.000 tonf
	bc / as	1.4 / 40	Result	OK

5.5 PILE PUNCHING SHEAR FORCE

5.5.1 Pile Punching Shear Formula

 $V_u = SFz$ Shade Ratio
(a) $f V_{c1} = 0.75 \cdot 2 \cdot (1 + 2/b_o) \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-33) <- V_{c1} (b) $f V_{c2} = 0.75 \cdot 2 \cdot (1 + a_s \cdot d / 2 b_o) \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-34) <- V_{c2} (c) $f V_{c3} = 0.75 \cdot 4 \cdot f_{ck} \cdot b_o \cdot d$ (eq 11-35) <- V_{c3} $f V_c = \text{Min}(f V_{c1}, f V_{c2}, f V_{c3})$ ACI 318-05 CODE 11.12.2.1 **$V_u < f V_c$, then OK**

where

 b = ratio of long side to short side of the column, concentrated load or reaction area a_s = 40 for interior colimns

= 30 for edge columns

= 20 for corner columns

 b_o = perimeter of critical sectionShade Ratio = $\frac{\text{Footing Area} - \text{Punching Area}}{\text{Footing Area}}$



**Calculation Sheet
of
Foundation**

Project Na. : Pasar Batang

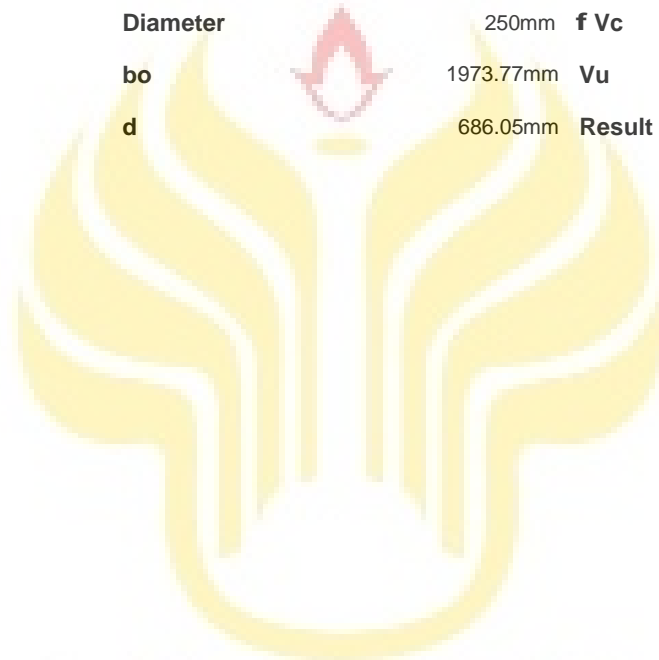
Project No. : PB1

Client : Unnes

Page 22

5.5.2 Check of Pile Punching Shear

	Ft.Name	F1	Punching Area	9739.473 cm ²
1400	Pile No.	2	bc / as	1 / 20
	Shape	Square	f Vc1	332.298 tonf
4	L.Comb.	5	f Vc2	495.770 tonf
2	PileName	PHC-12	f Vc3	221.532 tonf
	Diameter	250mm	f Vc	221.532 tonf
3	bo	1973.77mm	Vu	43.272 tonf
1	d	686.05mm	Result	OK



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG