



**REDESAIN STRUKTUR
GEDUNG KEWIRAUSAHAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Sipil S1

Oleh

Taufiqur Rohman NIM. 5113413001

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

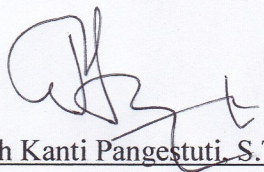
2017

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “Redesain Struktur Gedung Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, September 2017

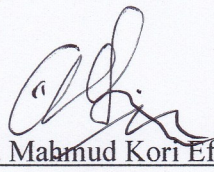
Dosen Pembimbing I



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

NIP. 197207091998032003

Dosen Pembimbing II



Dr. Eng. H. Mahmud Kori Effendi, S.T., M.T.

NIP. 198004022006041001

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Redesain Struktur Gedung Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang**” telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal bulan September tahun 2017.

Oleh

Nama : Taufiqur Rohman

NIM : 5113413001

Program Studi : Teknik Sipil, S1

Panitia

Ketua

Sekretaris

Dra. Sri Handayani, M.Pd.

NIP. 196711081991032001

Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc.

NIP. 197809212005012001

Dosen Penguji

Penguji I

Penguji II/Pembimbing I

Penguji III/Pembimbing II

Arie Taveriyanto S.T., M.T.

NIP. 196507222001121001

Endah Kanji P., S.T., M.T.

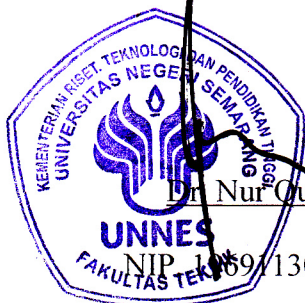
NIP. 197207091998032003

Dr. Eng. H. Mahmud Kori E., S.T., M.T.

NIP. 198004022006041001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP. 198911301994031001

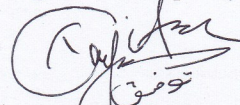
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana Teknik, baik di Universitas Negeri Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan 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 kami buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Semarang, September 2017

Yang membuat pernyataan



Taufiqur Rohman

NIM. 5113413001

LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Sarjana Teknik, baik di Universitas Negeri Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan ppenelitian 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 kami buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Semarang, September 2017

Yang membuat pernyataan

Taufiqur Rohman

NIM. 5113413001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

1. Ketinggian derajat pemuda tergantung pada keyakinannya. Setiap orang yang tidak mempunyai keyakinan, maka ia tidak ada gunanya (Nadzam Al 'Imrity)
2. Hiburan yang paling berharga bagi seorang muslim adalah mengaji (KH. Almamnuhin Kholid).

PERSEMBAHAN :

1. Untuk Bapak, Ibu tercinta, Bapak As'adi dan Almh. Ibu Nasiroh yang telah memberikan dukungan moril dan materi serta doa sehingga bisa menyelesaikan skripsi ini.
2. Untuk keluarga dan saudara-saudara saya (Imam Burhanuddin dan Mas'udah) tercinta atas semangat dan kasih sayangnya, serta yang tiada hentinya memanjatkan doa untuk kebahagiaan dan keberhasilan penulis.
3. Bapak KH. Almamnuhin Kholid beserta keluarga besar Pondok Pesantren Putra Putri Assalafy Al Asror yang telah memberikan do'a dan dukungan kepada penulis
4. Jazilatul Iffah, seseorang yang selalu ada, yang senantiasa memberikan motivasi, bantuan dan semangat dalam penyusunan skripsi.
5. Semua teman – teman Pondok Pesantren Putra Assalafy Al Asror yang selalu mendukung, memberikan do'a, semangat, dan motivasi dalam penulisan skripsi.

6. Semua teman – teman teknik sipil 2013 yang selalu mendukung, memberikan semangat, motivasi, dan membantu dalam penulisan skripsi.
7. Untuk teman suka duka Ali, Barokat, Ihab, Nurdin, Pujo.

ABSTRAK

Taufiqur Rohman 2017 Perencanaan Ulang Struktur Gedung Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang Endah Kanti Pangestuti,S.T.,M.T. Dr.Eng. H. Mahmud Kori Effendi,S.T., M.T. Prodi Teknik Sipil S1

Kemajuan suatu universitas dapat dinilai dari kemajuan pembangunan gedung dengan infrastruktur yang lengkap. Pembangunan dalam jumlah banyak menyebabkan semakin sempitnya lahan yang dapat digunakan. Pembangunan gedung ke arah vertikal di kota-kota besar menjadi solusi masalah keterbatasan lahan. Gedung bertingkat atau bangunan vertikal merupakan suatu penghematan lahan tanpa mengurangi luas yang efektif

Struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur portal sepuluh lantai. Pembebebanan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa. Berdasarkan data Desain Spektra Indonesia melalui alamat web puskim.pu.go.id untuk proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES diketahui jenis tanah berupa tanah sedang (SD).

Waktu getar gedung untuk mode 1 didapatkan sebesar 1,096 detik, mode 2 sebesar 1,058 detik, dan mode 3 sebesar 0,931 detik. Simpangan antar lantai baik gempa statik dan dinamik arah x dan y tidak melebihi simpangan yang diijinkan sehingga struktur tahan terhadap gempa.

Kata Kunci : *Gempa, Desain Spektra, Simpangan*

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya. sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Redesain Struktur Gedung Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang**”.

Penulisan Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada program studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari kata sempurna baik teori dan metodologinya tanpa bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rockman, M.Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang
2. Dr. Nur Qudus, M.T. Dekan Fakultas Teknik UNNES
3. Dra. Sri Handayani, M.Pd., Ketua Jurusan Teknik Sipil UNNES
4. Dr. Rini Kusumawardani, S.T., M.T., M.Sc., Kaprodi Teknik Sipil UNNES
5. Untoro Nugroho, S.T., M.T., Dosen wali Rombel 1 Teknik Sipil
6. Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T., Dosen Pembimbing pertama
7. H. Mahmud Kori Effendi, S.T., M.T., Dosen Pembimbing kedua
8. Arie Taveriyanto S.T., M.T., Dosen Penguji sidang skripsi
9. Semua pihak yang telah berkenan membantu penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi 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, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xixii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1. Umum.....	6
2.2. Peraturan yang Digunakan	7
2.3. Kriteria Desain Struktur	8

2.4. Pembebanan.....	9
BAB III PROSEDUR DESAIN STRUKTUR	41
3.1. Uraian Umum	41
3.2. Pengumpulan Data	42
3.3. Perencanaan Struktur.....	43
3.4. Permodelan Struktur.....	64
3.5. Analisis dan Pembahasan	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	68
4.1. Analisis Desain Respon Spektrum	68
4.2. Perencanaan Pondasi	88
4.3. Perencanaan Kolom.....	102
4.4. Perencanaan Balok	107
4.5. Perencanaan Plat.....	114
4.6. Perhitungan Tulangan Senggang Joint Kolom dan Balok.....	121
BAB V PENUTUP.....	127
5.1. Kesimpulan.....	127
5.2. Saran	131
DAFTAR PUSTAKA	132

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi dan terpusat minimum	15
Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung.....	19
Tabel 2.3 faktor keutamaan gempa	21
Tabel 2.4 Klasifikasi situs	22
Tabel 2.5 Koefisien situs F_a	24
Tabel 2.6 Koefisien situs F_v (SNI 1726-2012).....	24
Tabel 2.7 Kategori desain seismik pada perioda pendek	28
Tabel 2.8 Kategori desain seismik pada perioda 1 detik.....	28
Tabel 2.9 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	29
Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	30
Tabel 2.11 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	31
Tabel 2.12 Simpangan antar lantai ijin, $\Delta a a, b$	40
Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah	53
Tabel 3.2 Tebal Selimut Beton Minimum.....	54
Tabel 3.3 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	57
Tabel 3.4 Tebal Selimut Beton.....	59
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sondir	68
Tabel 4.2 Korelasi q_c ke N-SPT	71
Tabel 4.3 Klasifikasi Situs	73
Tabel 4.4 Koefisien Situs F_a	74
Tabel 4.5 Koefisien Situs F_v	74

Tabel 4.6 Tabel Periodik Respons Spectrum	75
Tabel 4.7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung.....	77
Tabel 4.8 Faktor Keutamaan Gempa (I_e).....	78
Tabel 4.9 Kategori Desain Seismik Pada Periode Pendek.....	79
Tabel 4.10 Kategori Desain Seismik Pada Periode 1 Detik.....	79
Tabel 4.11 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	80
Tabel 4.12 Modal Periods and Frequencies	81
Tabel 4.13 Torsi Terhadap Sumbu X.....	83
Tabel 4.14 Torsi Terhadap Sumbu Y	84
Tabel 4.15 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X.....	87
Tabel 4.16 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y.....	87
Tabel 4.17 <i>Joint Reaction</i> Pada Titik Maksimum.....	889
Tabel 4.18 Joint Reactions	91
Tabel 4.19 Sumbu x dan y Masing-Masing Tiang.....	91
Tabel 4.20 Distribusi Reaksi Tumpuan ke Masing-Masing Tiang (Q).....	92
Tabel 4.21 <i>Joint Reactions</i> Maksimum.....	94
Tabel 4.22 Joint Reactions	95
Tabel 4.23 Sumbu x dan y Masing-Masing Tiang.....	95
Tabel 4.24 Lengan Momen	96
Tabel 4.25 Rekap Perhitungan Q dan Mu	96
Tabel 4.26 Pondasi untuk Redesain Gedung Kewirausahaan UNNES.....	101
Tabel 4.27 Rangkuman Kolom Gedung Kewirausahaan UNNES.....	106
Tabel 4.28 Spesifikasi Kolom	121

Tabel 5.1 Pondasi untuk Redesain Gedung Kewirausahaan UNNES.....	127
Tabel 5.2 Dimensi Dan Penulangan Kolom Sebelum Direncanakan Ulang.....	127
Tabel 5.3 Dimensi Dan Penulangan Kolom Setelah Direncanakan Ulang	127
Tabel 5.4 Dimensi Dan Penulangan Balok Sebelum Direncanakan Ulang	127
Tabel 5.5 Dimensi Dan Penulangan Balok Setelah Direncanakan Ulang	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Beban (P) – Waktu (t)	10
Gambar 2.2. Spektrum respons desain (Andiyarto, 2015:10).....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Redesain.....	41
Gambar 3.2 Peta Lokasi Gedung Kewirausahaan UNNES	42
Gambar 3.3 Mekanisme Transfer Beban	44
Gambar 3.4 Distribusi Beban Struktur Atas Ke Kelompok Tiang.....	45
Gambar 3.5 Tinggi Efektif Balok.....	50
Gambar 3.6 Penampang Plat.....	52
Gambar 3.7 Tinggi Efektif Plat.....	54
Gambar 3.8 Tebal Efektif Plat Arah X Dan Arah Y	60
Gambar 3.9 Diagram Alir Tahapan Analisis.....	66
Gambar 3.10 Diagram Alir Tahapan Analisis (Lanjutan).....	67
Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sondir.....	70
Gambar 4.2 Peta Lokasi Gedung Kewirausahaan UNNES	73
Gambar 4.3 Desain Respon Spektrum	76
Gambar 4.4 Permodelan Gedung Kewirausahaan UNNES	80
Gambar 4.5 Ragam Getar 1 ($T = 1,096$ s).....	81
Gambar 4.6 Ragam Getar 2 ($T = 1,058$ s).....	82
Gambar 4.7 Ragam Getar 3 ($T = 0,931$ s).....	82
Gambar 4.8 Lokasi Titik Pengecekan Torsi Gempa Arah X	84
Gambar 4.9 Lokasi Titik Pengecekan Torsi Gempa Arah Y	85

Gambar 4.10 Konfigurasi Tiang Pancang.....	90
Gambar 4.11 Metode Broms	93
Gambar 4.12 Tipe-Tipe Balok Beserta Penulangannya.....	114
Gambar 4.13 Plat 10 cm.....	114
Gambar 4.14 Plat 12 cm.....	118
Gambar 4.15 Spesifikasi Balok.....	121

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Sondir

Lampiran 2 Administrasi Skripsi

Lampiran 3 Gambar Kerja

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan suatu universitas dapat dinilai dari kemajuan pembangunan gedung dengan infrastruktur yang lengkap. Gedung digunakan sebagai tempat berlangsungnya pembelajaran dan pemusatan kegiatan bagi mahasiswa.

Gedung Pusat Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang digunakan sebagai wadah untuk menunjang kegiatan belajar mengajar maupun aktifitas-aktifitas lain yang berkaitan dengan kreativitas mahasiswa dalam berwirausaha. Gedung Pusat Pengembangan Kewirusahaan UNNES digunakan sebagai pusat pengembangan inkubator bisnis mahasiswa, pusat layanan kesehatan, pusat *official merchandise* UNNES, pusat kebugaran profesional, pusat museum, pusat layanan terpadu, pusat *hospitality* dan akomodasi.

Gedung Pusat Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang belum dapat dimaksimalkan pemanfaatannya untuk mendukung kegiatan kewirausahaan mahasiswa, dikarenakan terkendala luas gedung yang kecil dan juga biaya sewa yang lebih mahal. Dengan penambahan lantai diharapkan dapat lebih menyediakan fasilitas yang memadai untuk seluruh kegiatan kewirausahaan mahasiswa di Universitas Negeri Semarang.

Pembangunan dalam jumlah banyak menyebabkan semakin sempitnya lahan yang dapat digunakan. Pembangunan gedung ke arah vertikal di kota-kota besar menjadi solusi masalah keterbatasan lahan. Gedung bertingkat atau bangunan vertikal merupakan suatu penghematan lahan tanpa mengurangi luas yang efektif untuk ruang gerak manusia. Bangunan gedung dibangun secara bertingkat dengan mempunyai fungsi beragam sekaligus adalah suatu cara memajukan suatu daerah, dan menjadikannya lebih mudah dan menguntungkan.

Pendesainan ulang struktur Gedung Kewirausahaan UNNES, perlu adanya ketelitian mengenai desain struktur yang disinkronisasikan dengan menurut fungsi bangunannya. Pekerjaan Struktur terdiri dari struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*).

Gedung Kewirausahaan UNNES akan didesain ulang strukturnya sesuai dengan perbedaan fungsi tiap lantai untuk menopang perbedaan beban hidup, dengan penambahan lantai yang awalnya hanya memiliki 4 lantai akan didesain ulang strukturnya menjadi 10 lantai. Selain redesain dari segi jumlah lantai, struktur ini juga akan didesain ulang sesuai dengan peraturan-peraturan terbaru. Struktur beton yang lama menggunakan peraturan struktur beton SK SNI T-15-1991-03 akan diganti dengan SNI 2847:2013. Peraturan gempa yang digunakan adalah Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983 akan diganti dengan SNI 1726:2012. Sedangkan untuk peraturan pembebanannya akan digunakan SNI 1727:2013 dan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan

Gedung tahun 1987. Perhitungan untuk pendesainan ulang struktur gedung ini menggunakan *software* SAP2000 (*Structure Analysis Program*) v.14. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis ingin merencanakan tentang “Perencanaan Ulang Struktur Gedung Kewirausahaan Universitas Negeri Semarang”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan di atas, rumusan masalah pada Skripsi ini adalah :

1. Bagaimana cara mendesain ulang struktur bawah dan struktur atas pada Gedung Kewirausahaan UNNES sesuai dengan peraturan-peraturan terbaru?
2. Bagaimana cara perencanaan ulang struktur tahan gempa pada struktur Gedung Kewirausahaan UNNES sesuai SNI 1726:2012?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan Skripsi ini, adalah, sebagai berikut :

1. Mendesain ulang sesuai dengan eksisting dimensi gedung Kewirausahaan UNNES sesuai dengan peraturan-peraturan terbaru dengan penambahan lantai dari awalnya 4 lantai menjadi 10 lantai.
2. Mendesain ulang struktur tahan gempa pada struktur Gedung Kewirausahaan UNNES sesuai dengan SNI 1726:2012.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Struktur gedung yang digunakan adalah struktur beton bertulang.
2. Pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam.
3. Perencanaan struktur Gedung Kewirausahaan UNNES sesuai dengan kriteria desain struktur gedung tahan gempa berdasar pada SNI 1726:2012.
4. Peraturan pembebanan berdasar SNI 1727:2013 dan pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987.
5. Peraturan beton yang digunakan adalah SNI 2847:2013.

1.5. Sistematika Penulisan

Skripsi ini secara garis besarnya disusun dalam 5 bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan dan Manfaat, Batasan Masalah, dan Sistematika Penulisan.

2. BAB II STUDI PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang Uraian secara Umum, Kriteria Desain Struktur, Pembebanan dan Kombinasinya. Prosedur Pendesainan Struktur Atas, dan Prosedur Pendesainan Struktur Bawah.

3. BAB III PROSEDUR DESAIN STRUKTUR

Bab ini berisikan tentang Tahap Pengumpulan Data, Penentuan Denah Struktur, Penentuan Beban Mati dan Hidup, Penentuan Beban Gempa, Bagan Alir Desain Struktur.

4. BAB IV DESAIN STRUKTUR

Bab ini berisikan tentang Uraian secara Umum mengenai desain struktur, Permodelan Struktur, Analisis Struktur, Desain Struktur Atas, Desain Struktur Bawah, Gambar DED Struktur.

5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang Kesimpulan, dan Saran.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Umum

Struktur merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan/atau kehadiran bangunan di atas tanah (Schodek, 1999:2). Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah (*sub structure*). Struktur atas adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang berada di atas muka tanah. Struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan gedung yang terletak di bawah muka tanah, yang dapat terdiri dari struktur besmen, dan/atau struktur fondasinya (Andiyarto, 2015:1).

Gempa bumi (*earthquake*) adalah salah satu peristiwa alam yang dapat menimbulkan bencana, yang pada umumnya terjadi akibat rusak atau runtuhnya gedung, rumah, atau bangunan buatan manusia (Indarto 2005:IV-1). Hal ini menegaskan pentingnya tinjauan beban gempa rencana dalam perencanaan desain struktur sebagai antisipasi apabila terjadi gempa. Struktur bangunan harus mampu menerima gaya gempa pada level tertentu tanpa terjadi kerusakan yang signifikan pada struktur. Apabila bangunan harus mengalami keruntuhan (disebabkan beban gempa melebihi beban gempa rencana), masih mampu memberikan perilaku nonlinier pada kondisi pasca-elastik sehingga tingkat keamanan bangunan terhadap gempa dan

keselamatan jiwa penghuninya lebih terjamin (Pratama et al., 2014: 377-378).

Menurut Daniel L. Schodek (1999), gempa bumi dapat terjadi karena fenomena getaran dengan kejutan pada kerak bumi. Faktor utamanya adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Gempa bumi ini menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini mempunyai suatu energi yang dapat menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya menjadi bergetar. Getaran ini nantinya akan menimbulkan gaya-gaya pada struktur bangunan karena struktur cenderung mempunyai gaya untuk mempertahankan dirinya dari gerakan.

2.2. Peraturan yang Digunakan

Dalam redesain struktur gedung Kewirausahaan UNNES ini digunakan beberapa peraturan/acuan standar, antara lain :

- a. SNI 1727:2013. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain.
- b. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987.
- c. SNI 1726:2012. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
- d. SNI 2847:2013. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

2.3. Kriteria Desain Struktur

Sistem struktur yang umum digunakan untuk gedung-gedung tinggi di Indonesia berkembang sesuai dengan perkembangan pengetahuan para konsultan perancang. Sistem yang sering diterapkan adalah konstruksi beton dengan rangka terbuka dan shearwall.

Struktur bangunan gedung harus memenuhi persyaratan keselamatan (*safety*) dan kelayakan (*serviceability*) serta SNI konstruksi bangunan gedung, yang dibuktikan dengan analisis struktur sesuai ketentuan. Persyaratan keselamatan meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan. Setiap bangunan gedung, strukturnya harus direncanakan kuat, /kokoh, dan stabil dalam memikul beban/kombinasi beban dan memenuhi persyaratan kelayakan (*serviceability*) selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi bangunan gedung, lokasi, keawetan, dan kemungkinan pelaksanaan konstruksinya (Muchlisin 2013: 16). Kemampuan memikul beban diperhitungkan terhadap pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban- beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur, baik beban muatan tetap maupun beban muatan sementara yang timbul akibat gempa dan angin. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, sehingga bila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri

2.4. Pembebanan

Dalam menjalankan fungsinya, setiap struktur akan menerima pengaruh dari luar yang perlu dipikul. Selain pengaruh dari luar, sistem struktur yang terbuat dari material bermassa juga akan memikul beratnya sendiri akibat pengaruh gravitasi. Selain pengaruh dari luar yang dapat diukur sebagai besaran gaya atau beban seperti berat sendiri struktur, beban akibat hunian atau penggunaan struktur, pengaruh angin atau getaran gempa, tekanan tanah atau tekanan hidrostatik air, terdapat juga pengaruh luar yang tidak dapat diukur sebagai gaya. Sebagai contoh adalah pengaruh penurunan pondasi pada struktur bangunan, atau pengaruh temperatur / suhu pada elemen-elemen struktur.

Dalam melakukan analisis dan desain dari suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besarnya beban yang bekerja pada struktur.

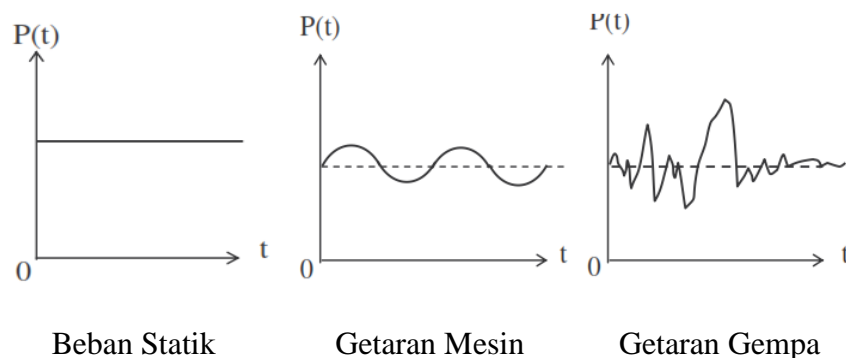
Hal penting yang berkaitan dengan karakteristik beban untuk keperluan analisis struktur adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis. Secara umum, beban luar yang bekerja pada struktur dapat dibedakan menjadi beban statis dan beban dinamis (Indarto, 2005:I-1).

Indarto (2005: I-1), beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada suatu struktur. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*steady states*). Dengan demikian, jika suatu

beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sedemikian rupa sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat dikelompokkan sebagai beban statik (*static load*). Deformasi dari struktur akibat beban statik akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilai maksimum. Beban statis pada umumnya dapat dibagi lagi menjadi beban mati, beban hidup, dan beban khusus, yaitu beban yang diakibatkan oleh penurunan pondasi atau efek temperatur

Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat (Indarto, 2005: I-1).

Pengaruh beban statis dan beban dinamis pada struktur, dapat digambarkan pada Diagram Beban (P) – Waktu (t), seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram Beban (P) – Waktu (t)

2.4.1. Beban Mati

Karena struktur terbuat dari bahan yang bermassa, maka struktur akan dipengaruhi oleh beratnya sendiri. Berat sendiri dari struktur dan elemen-elemen struktur disebut sebagai beban mati (*dead load*). 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).

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi. Untuk menghitung besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Berat satuan (*unit weight*) material secara empiris telah ditentukan dan telah banyak dicantumkan tabelnya pada sejumlah standar atau peraturan pembebanan (Indarto, 2005: I-1).

Untuk keperluan analisis dan desain struktur bangunan, besarnya beban mati harus ditaksir atau ditentukan terlebih dahulu. Berat satuan atau berat sendiri dari beberapa material konstruksi dan komponen bangunan gedung dapat ditentukan dari peraturan yang berlaku di Indonesia yaitu Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987. Berikut berat satuan dari berbagai

material konstruksi yang sering digunakan untuk perhitungan beban mati berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987.

- Baja = 7.850 kg/m^3
- Beton = 2.200 kg/m^3
- Batu belah = 1.500 kg/m^3
- Batu pecah = 1.450 kg/m^3
- Beton bertulang = 2.400 kg/m^3
- Pasangan bata merah = 1.700 kg/m^3
- Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung = 2.200 kg/m^3
- Kayu = 1.000 kg/m^3
- Pasir kering = 1.600 kg/m^3
- Pasir basah = 1.800 kg/m^3
- Pasir kerikil = 1.850 kg/m^3
- Tanah = $1.700\text{--}2.000 \text{ kg/m}^3$

Berat dari beberapa komponen bangunan sebagai berikut :

- Adukan/spesi lantai per cm tebal = 21 kg/m^2
- Aspal per cm tebal = 15 kg/m^2
- Atap genting, usuk, dan reng = 50 kg/m^2
- Atap sirap, usuk, dan reng = 40 kg/m^2
- Atap seng gelombang tanpa gording = 10 kg/m^2
- Atap seng gelombang = 10 kg/m^2
- Dinding pasangan bata merah (satu batu) = 450 kg/m^2

- Dinding pasangan bata merah (setengah batu) = 250 kg/m^2
- Plafon dan penggantung = 20 kg/m^2
- Pasangan batako berlubang (tebal 20 cm) = 200 kg/m^2
- Pasangan batako berlubang (tebal 10 cm) = 120 kg/m^2
- Pasangan batako tanpa lubang (tebal 15 cm) = 300 kg/m^2
- Pasangan batako tanpa lubang (tebal 10 cm) = 200 kg/m^2
- Penutup lantai/ubin per cm tebal = 24 kg/m^2
- Semen asbes gelombang (tebal 5 mm) = 11 kg/m^2

2.4.2. Beban Hidup

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 (SNI 1727-2013).

Beban hidup adalah 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 salju atau air hujan, juga termasuk ke dalam beban hidup. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Secara umum

beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang-kadang dapat juga berarah horizontal (Indarto, 2005: I-8).

Beban hidup yang bekerja pada struktur dapat sangat bervariasi, sebagai contoh seseorang dapat berdiri di mana saja dalam suatu ruangan, dapat berpindah-pindah, dapat berdiri dalam satu kelompok. Perabot atau barang dapat berpindah-pindah dan diletakkan dimana saja di dalam ruangan. Dari penjelasan ini, jelas tidak mungkin untuk meninjau secara terpisah semua kondisi pembebanan yang mungkin terjadi. Oleh karena itu dipakai suatu pendekatan secara statistik untuk menetapkan beban hidup ini, sebagai suatu beban statik terbagi merata yang secara aman akan ekuivalen dengan berat dari pemakaian terpusat maksimum yang diharapkan untuk suatu pemakaian tertentu.

Beban hidup aktual yang bekerja pada struktur pada umumnya lebih kecil daripada beban hidup yang direncanakan membebani struktur. Akan tetapi, ada kemungkinan beban hidup yang bekerja, sama besarnya dengan beban rencana pada struktur. Jelaslah bahwa struktur bangunan yang sudah direncanakan untuk penggunaan tertentu harus diperiksa kembali kekuatannya apabila akan dipakai untuk penggunaan lain. Sebagai contoh, bangunan gedung yang semula direncanakan untuk apartemen tidak akan cukup kuat apabila digunakan untuk gudang atau kantor.

Tabel 2.1 Beban hidup terdistribusi merata dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	20 (0,96) 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani 5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	i 200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah ranga atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	20 (0,96)	2 000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 ^r 300 ^r
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) Ringan Berat	20 (0,96) 125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) tidak boleh direduksi	
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2 000 (8,90) 3 000 (13,40)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2 000 (8,90) 2 000 (8,90) 2 000 (8,90)
Lembaga hukum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama Bangsal dansa dan Ruang dansa Gimnasium Tempat menonton baikterbuka atau tertutup Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	75 (3,59) 100 (4,79) 100 (4,79) 100 (4,79) 60 (2,87)	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	10 (0,48) 20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	1 000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber: Tabel 4-1 SNI 1727-2013)

Pada suatu bangunan gedung bertingkat banyak kecil kemungkinannya semua lantai tingkat akan dibebani secara penuh oleh beban hidup. Demikian juga kecil kemungkinannya suatu struktur bangunan menahan beban maksimum akibat pengaruh angin atau gempa yang bekerja secara bersamaan. Peluang untuk terjadinya beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua elemen struktur pemikul secara serempak selama umur rencana bangunan adalah sangat kecil, maka pedoman-pedoman pembebanan mengijinkan untuk melakukan reduksi terhadap beban hidup yang dipakai.

2.4.3. Beban Gempa

Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (Indarto 2005: I-13). Menurut

Muchlisin (2013: 30), beban gempa merupakan semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa. Jika pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan analisis dinamik, maka beban gempa adalah gaya-gaya di dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor yaitu, massa, kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur bangunan tersebut didirikan (Indarto, 2005: I-14).

Agar beban gempa pada struktur bangunan yang diperhitungkan tidak terlalu besar dan arahnya cukup dapat diperkirakan, serta distribusi beban gempa dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, maka ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur bangunan di daerah rawan gempa adalah tata letak dari struktur, perencanaan kapasitas (*capacity design*) dengan konsep *strong column – weak beam*, serta pendetailan yang baik dari elemen-elemen struktur. Dengan memenuhi persyaratan-persyaratan di atas, maka dapat diharapkan perencanaan struktur di daerah rawan gempa dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, aman, dan ekonomis.

Berikut syarat-syarat prosedur analisis beban seismik SNI 1726: 2012 :

a. Kategori Resiko Struktur Bangunan (I-IV) dan faktor keutamaan (Ie)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.2 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan Ie. Menurut Tabel 2.3, khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.2 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor 	II

<ul style="list-style-type: none"> - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi 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>III</p>
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</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 pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat 	<p>IV</p>

<ul style="list-style-type: none"> - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat IV - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat 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 ke dalam kategori risiko IV.</p>	
--	--

(Sumber : Tabel 1 SNI 1726-2012)

Tabel 2.3 faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : Tabel 2 SNI 1726-2012)

b. Kelas situs (SA-SF)

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah di situs harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 2.4, berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat, dengan

minimal mengukur secara independen dua dari tiga parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 2.4. Dalam hal ini, kelas situs dengan kondisi yang lebih buruk harus diberlakukan. Apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 m, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik yang memiliki sertifikat/ijin. Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak diperkenankan jika terdapat lebih dari 3 m lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit fondasi dan permukaan batuan dasar.

Berdasarkan pasal 6.1.1 SNI 1726-2012 sifat-sifat tanah pada situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF.

Tabel 2.4 Klasifikasi situs

Kelas Situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	s_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50

	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m 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 $s_u < 25 \text{ KPa}$
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$). - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5\text{m}$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$). <p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{m}$ dengan $s_u < 50\text{kPa}$</p>

(Sumber : Tabel 3 SNI 1726-2012)

- c. Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R)

Dalam pasal 6.2 SNI 1726-2012, dijelaskan bahwa Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

Keterangan:

S_s = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda pendek;

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Tabel 2.5 Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber : Tabel 4 SNI 1726-2012)

Tabel 2.6 Koefisien situs F_v (SNI 1726-2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

(Sumber : Tabel 5 SNI 1726-2012)

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

d. Spektrum respons desain

Pasal 6.4 SNI 1726-2012 menjelaskan jika spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 2.2 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- 1) Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + \frac{T}{T_0} \right)$$

- 2) Untuk perioda yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS} .

- 3) Untuk perioda yang lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{SD1}{T}$$

Keterangan:

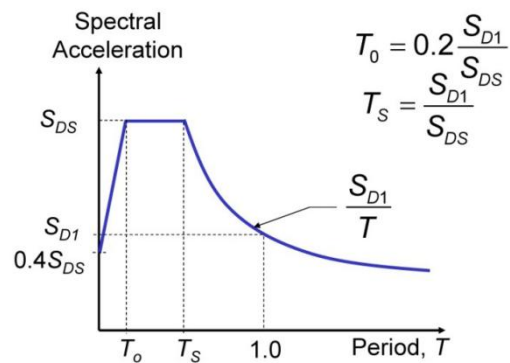
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada
perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada
perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS}$$

$$T_0 = \frac{SD1}{SDS}$$



Gambar 2.2. Spektrum respons desain (Andiyarto, 2015:10)

e. Kategori desain seismik (A-D)

Pasal 6.5 SNI 1726-2012, struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E.

Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi di mana parameter respons spectral percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 2.7 atau 2.8, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Apabila S lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 2.7 saja, di mana berlaku semua ketentuan di bawah:

- 1) Pada masing-masing dua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur, T_a , yang ditentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1 adalah kurang dari 0,8 T_s .
- 2) Pada masing-masing dua arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari T_s .
- 3) Persamaan 22 digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik, C_s .

- 4) Diafragma struktural adalah kaku sebagaimana disebutkan di pasal 7.3.1 atau untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber : Tabel 6 SNI 1726-2012)

Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{D1} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{D1} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber : Tabel 7 SNI 1726-2012)

- f. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem (R , C_d , Ω_0)

Pasal 7.2 SNI 1726-2012, sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 2.9. 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 2.9. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.9 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 2.9.

Tabel 2.9 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (Contoh untuk Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, 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
C.Sistem rangka pemikul momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
(C.6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber : Tabel 9 SNI 1726-2012)

g. Batasan perioda fundamental struktur (T)

Pasal 7.8.2 SNI 1726-2012, perioda fundamental struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari Tabel 2.10 dan perioda fundamental pendekatan, (T_u). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, (T), diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, (T_a). Perioda fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

dengan,

h_n adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari Tabel 2.11.

Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons 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

(Sumber : Tabel 14 SNI 1726-2012)

Tabel 2.11 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x

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 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

(Sumber : Tabel 15 SNI 1726-2012)

Sebagai alternatif, diijinkan untuk menentukan perioda 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.

$$T_a = 0,1 N$$

Dengan,

N = jumlah tingkat

Perioda fundamental struktur (T) yang digunakan :

$$\text{Jika } T_c > C_u T_a \quad \text{gunakan } T = C_u T_a$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u T_a \quad \text{gunakan } T = T_c$$

$$\text{Jika } T_c < T_a \quad \text{gunakan } T = T_a$$

h. Perhitungan Geser dasar seismik

Pasal 7.8.1 SNI 1726-2012, Geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s W$$

Keterangan:

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif

Dalam pasal 7.8.1.1 SNI 1726-2012, Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan,

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dengan,

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

R = faktor modifikasi respons dalam Tabel 2.9

I_e = faktor keutamaan gempa dalam Tabel 2.2

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan di atas tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5s_1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

Dengan,

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1,0 detik

T = periode fundamental struktur (detik)

S_1 = parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

i. Struktur bangunan gedung beraturan dan tidak beraturan

Pasal 7.3.2 SNI 1726-2012, struktur bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan berdasarkan pada kriteria. Klasifikasi tersebut harus didasarkan pada konfigurasi horisontal dan vertikal dari struktur bangunan gedung.

j. Kombinasi Pembebanan

Dalam pasal 7.4.2 SNI 1726-2012, pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan berikut ini:

- 1) Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dalam 4.2.2 atau kombinasi beban 5 dan 6 dalam 4.2.3, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E = E_h + E_v$$

- 2) Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam 4.2.2 atau kombinasi beban 8 dalam 4.2.3, E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E = E_h - E_v$$

Keterangan:

E = pengaruh beban gempa

E_h = pengaruh beban gempa horisontal seperti didefinisikan dalam pasal 7.4.2.1

E_v = pengaruh beban gempa horisontal seperti didefinisikan dalam pasal 7.4.2.1

Dalam pasal 7.4.2.1 SNI 1726-2012, pengaruh beban gempa horisontal, E_h , harus ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_h = \rho Q_E$$

Keterangan:

Q_E = pengaruh gaya gempa horisontal dari V atau F_p .

ρ = faktor redundansi

Faktor redundansi, ρ , harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonal untuk semua struktur. Nilai ρ diijinkan sama dengan 1,0 untuk struktur dirancang untuk kategori desain seismik B atau C. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ

harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana ρ diijinkan diambil sebesar 1,0:

Dalam pasal 7.4.2.2 SNI 1726-2012, pengaruh beban gempa vertikal, E_v , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan berikut:

$$E_v = 0,2S_{DS} D$$

dengan,

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek yang diperoleh dari pasal 6.10.4

D = pengaruh beban mati.

Dalam pasal 7.4.2.3 SNI 1726-2012, jika pengaruh gaya gempa yang ditetapkan, E , yang didefinisikan dalam 7.4.2, dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya seperti ditetapkan dalam pasal 4, kombinasi beban gempa berikut kombinasi dasar untuk desain kekuatan untuk struktur yang tidak dikenai beban banjir harus digunakan sebagai pengganti dari kombinasi beban gempa baik dalam 4.2.2 atau 4.2.3:

5. $(1,2 + 0,2 S_{DS}) D + \rho Q_E + L$

7. $(0,9 - 0,2 S_{DS}) D + \rho Q_E + 1,6H$

Faktor beban pada L dalam kombinasi 5 diijinkan sama dengan 0,5 untuk semua hunian di mana besarnya beban hidup merata kurang dari atau sama dengan 5 kN/m , dengan pengecualian garasi atau ruang pertemuan. Faktor beban pada H harus ditetapkan sama dengan nol dalam kombinasi 7 jika aksi

struktur akibat H berlawanan dengan aksi struktur akibat E . Jika tekanan tanah lateral memberikan tahanan terhadap aksi struktur dari gaya lainnya, faktor beban tidak boleh dimasukkan dalam H tetapi harus dimasukkan dalam tahanan desain

Kombinasi Dasar untuk Desain Tegangan Ijin

5. $(1,0 + 0,14S_{DS}) D + H + F + 0,7 \rho Q_E$

6. $(1,0 + 0,10S_{DS}) D + H + F + 0,525 \rho Q_E 0,75L + 0,75(Ir \text{ atau } R)$

8. $(0,6 + 0,14S_{DS}) D + 0,7 \rho Q_E + H$

k. Arah pembebanan gempa

Dalam pasal 7.5.1 SNI 1726-2012, arah penerapan beban gempa yang digunakan dalam desain harus merupakan arah yang akan menghasilkan pengaruh beban paling kritis. Arah penerapan gaya gempa diijinkan untuk memenuhi untuk kategori desain seismik B.

Untuk struktur bangunan yang dirancang untuk kategori desain seismik B, gaya gempa desain diijinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah ortogonal dan pengaruh interaksi ortogonal diijinkan untuk diabaikan.

Prosedur kombinasi ortogonal. Struktur harus dianalisis menggunakan prosedur analisis gaya lateral ekuivalen, prosedur analisis spektrum respons ragam, atau prosedur riwayat respons linier dengan pembebanan yang diterapkan secara terpisah dalam semua dua arah ortogonal. Pengaruh beban paling kritis akibat

arah penerapan gaya gempa pada struktur dianggap terpenuhi jika komponen dan fondasinya didesain untuk memikul kombinasi beban-beban yang ditetapkan. 100 persen gaya untuk satu arah ditambah 30 persen gaya untuk arah tegak lurus. Kombinasi yang mensyaratkan kekuatan komponen maksimum harus digunakan.

Struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F harus, minimum, sesuai dengan persyaratan untuk kategori desain seismik C. Sebagai tambahan, semua kolom atau dinding yang membentuk bagian dari dua atau lebih sistem penahan gaya gempa yang berpotongan dan dikenai beban aksial akibat gaya gempa yang bekerja sepanjang baik sumbu denah utama sama atau melebihi 20 persen kuat desain aksial kolom atau dinding harus didesain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya gempa dalam semua arah. Prosedur kombinasi ortogonal, diijinkan untuk digunakan untuk memenuhi persyaratan ini.

1. Analisis spektrum respons ragam

Dalam pasal 7.9.1 SNI 1726-2012, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Dalam pasal 7.9.2 SNI 1726-2012, nilai untuk masing-masing parameter desain terkait gaya yang ditinjau, termasuk simpangan antar lantai tingkat, gaya dukung, dan gaya elemen struktur individu untuk masing-masing ragam respons harus dihitung menggunakan properti masing-masing ragam dan spektrum respons desain dibagi dengan kuantitas $\frac{R}{I_e}$. Nilai untuk perpindahan dan kuantitas simpangan antar lantai harus dikalikan dengan kuantitas $\frac{C_d}{I_e}$.

Dalam pasal 7.9.3 SNI 1726-2012, nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metoda akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metoda kombinasi kuadrat lengkap (CQC), sesuai dengan SNI 1726. Metoda CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam berjarak dekat mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi.

m. Penentuan simpangan antar lantai

Dalam pasal 7.9.3 SNI 1726-2012, penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

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, Δ , 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 :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

dengan,

C_d = faktor amplifikasi defleksi dalam Tabel 2.9

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = faktor keutamaan gempa

Dalam pasal 7.12.1 SNI 1726-2012, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) seperti ditentukan dalam pasal 7.8.6, 7.9.2, atau 12.1, tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_O) seperti didapatkan dari Tabel 2.12 untuk semua tingkat.

Tabel 2.12 Simpangan antar lantai ijin, $\Delta_a^{a,b}$

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

(Sumber : Tabel 16 SNI 1726-2012)

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

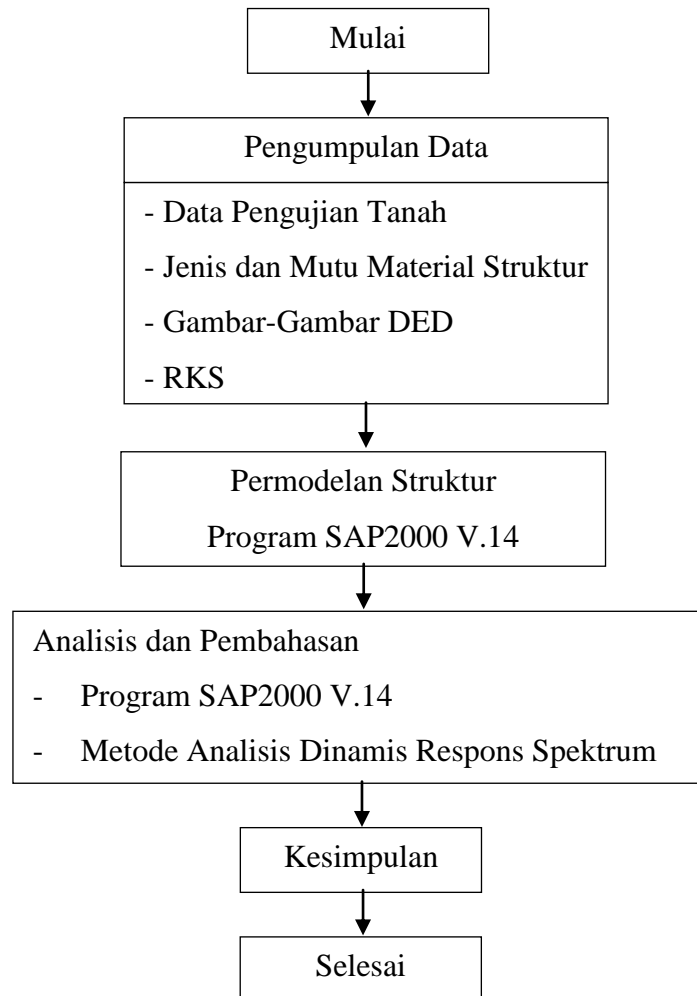
^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan pasal 7.12.1.1.

^c Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam pasal 7.12.3 tidak diabaikan.

^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

BAB III

PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR



Gambar 3.1 Diagram Alir Redesain Struktur Gedung Kewirausahaan UNNES

3.1. Uraian Umum

Dalam laporan skripsi ini, dibutuhkan beberapa tahapan pengerjaan yang teratur dan sistematis agar mendapatkan hasil yang sesuai dengan

harapan di akhir penyusunan laporan. Gambar 3.1 diatas menyajikan diagram alur penelitian.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Gedung Kewirausahaan UNNES

3.2. Pengumpulan Data

Redesain struktur gedung merupakan gabungan bagian-bagian data yang akan menjadi satu kesatuan struktur yang utuh, dengan memenuhi maksud dan tujuan dari redesain. Untuk mempermudah dalam redesain struktur Gedung Kewirausahaan UNNES ini, maka dibutuhkan beberapa data sebagai bahan acuan. Berikut data-data yang digunakan sebagai dasar redesain struktur Gedung Kewirausahaan UNNES :

3.2.1. Hasil Penyelidikan Tanah

3.2.2. Gambar-gambar pekerjaan proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES diantaranya yaitu gambar struktur, gambar arsitektur, dan gambar ME.

3.2.3. Rencana Kerja dan Syarat- Syarat (RKS) proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES.

3.2.4. Jenis dan mutu material struktur

a. Material beton

Struktur pondasi menggunakan beton dengan mutu K 500, sedangkan kolom, balok, dan plat menggunakan beton dengan mutu K 300.

b. Material besi/baja

- Untuk tulangan dengan diameter ≤ 12 mm menggunakan tulangan polos dengan $f_y = 240$ MPa.
- Untuk tulangan dengan diameter ≥ 12 mm menggunakan tulangan ulir dengan $f_y = 400$ MPa.

3.3. Perencanaan Struktur

3.3.1. Perencanaan struktur bawah (pondasi)

Mekanisme transfer beban tergantung pada jenis tanah, jenis tiang, panjang tiang dan seberapa tinggi tingkat pembebanannya.

Faktor aman (S.F) diperlukan untuk memprediksi besarnya kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (Q_{ijin}) berdasarkan prediksi nilai $Q_{ultimit}$.

$$\begin{aligned} Q_{ultimit} &= Q_{ujung} + Q_{friksi} \\ &= q \times A_{ujung} + f \times A_{selimut} \end{aligned}$$

Keterangan :

$$q = \text{Kapasitas dukung tanah pada ujung tiang (kN/m}^2\text{)}$$

A_{ujung} = Luas permukaan ujung tiang (m^2)

F = Gesekan pada selimut tiang atau adhesi tanah dengan selimut tiang (kN/m^2)

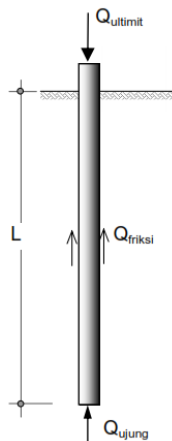
$A_{selimut}$ = Luas permukaan selimut tiang (m^2)

$A_{selimut} = O \cdot L$

L

O = Keliling tiang (m)

L = Panjang tiang (m)



Gambar 3.3 Mekanisme Transfer Beban

Mekanisme transfer beban dari tiang ke dalam tanah adalah sangat kompleks. Beban pondasi akan ditransfer melalui tahanan gesek tiang ($Q_{frikasi}$) dan tahanan ujung tiang (Q_{ujung}). Kapasitas tiang tunggal berdasarkan data uji lapangan (data sondir) :

$$Q_{ijin} = Q_{ujung} + Q_{frikasi}$$

$$= (q_c \cdot A_{ujung})/3 + (T_f \cdot O)/5$$

Kapasitas dukung tiang kelompok ($Q_{all \text{ group}}$)

$$Q_{all \text{ group}} = Q_{ijin} \times E_g$$

Keterangan :

E_g = Efisiensi tiang = 0,7 (untuk antar tiang yang berjarak 2,5d sampai 4d).

Penentuan jumlah tiang (n)

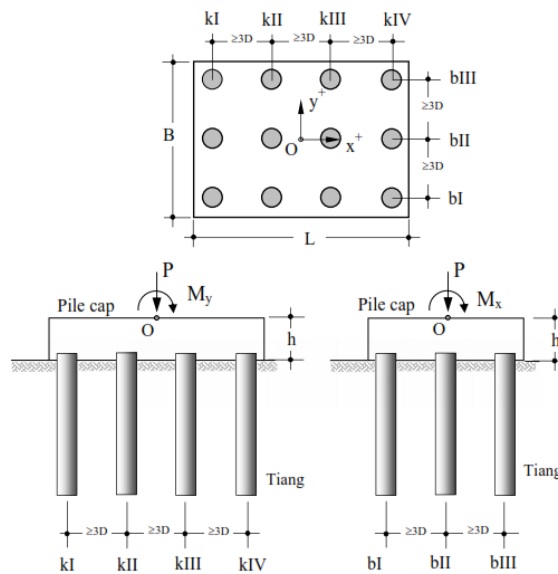
$$n = \frac{F_z}{0,8 \times Q_{all \text{ group}}}$$

keterangan :

n = jumlah tiang dalam satu pile cap

F_z = beban vertical kombinasi DL + LL

Distribusi beban struktur atas ke kelompok tiang



Gambar 3.4 Distribusi Beban Struktur Atas Ke Kelompok Tiang

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

Keterangan :

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 .

3.3.2. Perencanaan kolom

Perencanaan kolom Gedung Kewirausahaan UNNES menggunakan acuan SNI 2847-2013. Langkah-langkah perencanaan kolom adalah :

- a. Menentukan momen, gaya aksial, dan gaya geser *design* kolom maksimum yang berasal dari output SAP.
- b. Menentukan tulangan rencana dan sengkang rencana
- c. Menghitung rasio penulangan

$$\rho = \frac{A_{st}}{A_g}$$

Dimana :

A_{st} = luas tulangan utama rencana

A_g = luas penampang kolom

- d. Menentukan A_s tulangan utama

$$\rho = \frac{A_s \text{ perlu}}{b \times d}$$

Dimana :

b = lebar penampang kolom

d =

tinggi efektif penampang kolom

e. Periksa P_u terhadap beban seimbang P_{nb}

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times b \times a_b$$

Dimana :

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

Jika,

$\phi P_{nb} > P_u$ = kolom akan mengalami hancur dengan diawali melelehnya tulangan tarik.

$\phi P_{nb} < P_u$ = kolom akan mengalami hancur dengan diawali melelehnya tulangan tekan.

$\phi P_{nb} = P_u$ = kolom akan mengalami hancur dengan melelehnya tulangan tekan dan tarik bersamaan.

f. Periksa terhadap kekuatan penampang

Jika kolom mengalami keruntuhan tarik ($\phi P_{nb} > P_u$)

$$P_n = 0,85 f_c' \times b \times d \left[\left(1 - \frac{e'}{d}\right) \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2 \times m \times \rho \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

Dimana :

$$m = \left(\frac{f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \right)$$

$$e' = \left(e + \left(d - \frac{h}{2} \right) \right)$$

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

Jika $\phi P_n > P_u$ maka penampang kolom memenuhi persyaratan

Jika kolom mengalami keruntuhan tarik ($\phi P_n < P_u$)

$$P_n = \frac{A_s \times f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{b \times h \times f'_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

Dimana :

$$m = \left(\frac{f_y}{0,85 \times f'_c \times b} \right)$$

$$e' = \left(e + \left(d - \frac{h}{2} \right) \right) b$$

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

Jika $\phi P_n < P_u$ maka penampang kolom memenuhi persyaratan

g. Menghitung tulangan geser

Menurut pasal 11.1 SNI 2847:2013 tentang perencanaan penampang geser harus memenuhi :

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana :

$$\phi = \text{faktor reduksi} = 0,6$$

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = adalah kekuatan geser nominal yang dihitung dengan :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_c = kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton.

V_s = adalah kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser.

Sesuai pasal 11.2.1.2 SNI 2847:2013, kuat geser yang disediakan oleh beton untuk komponen struktur yang dikenai beban aksial sebagai berikut :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

Dan

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

Dimana :

N_u = gaya aksial terfaktor tegak lurus terhadap penampang yang terjadi serentak dengan V_u atau T_u , diambil sebagai positif untuk tekan dan negatif untuk tarik (N).

A_g = Luas penampang kolom (m^2).

A_v = luas tulangan geser (m^2).

s = batas spasi tulangan geser. $s_{max} = d/2$

$$A_v = 0,09 \frac{s \times b \times f'_c}{f_{yt}}$$

A_v terpasang = Luas tulangan \times (1000/jarak sengkang)

A_v terpasang $>$ A_v

3.3.3. Perencanaan balok

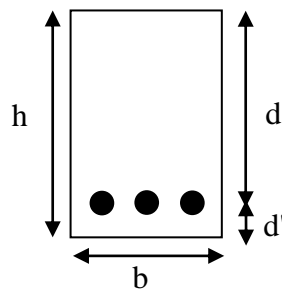
Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya

terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya. Analisa balok mengacu pada SNI 2847-2013 dan buku struktur beton bertulang Istimawan Dipohusodo, halaman 100-101. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

a. Penentuan dimensi balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 2847-2013 hal.70 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $\frac{l}{16}$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{l}{18,5}$, sedangkan untuk kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{l}{21}$, untuk balok kantilever memiliki tebal minimum $\frac{l}{8}$.

b. Perhitungan tinggi efektif balok



Gambar 3.5 Tinggi Efektif Balok

$$d' = p + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2}\varnothing \text{ tulangan utama}$$

$$d = h - (p + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2}\varnothing \text{ tulangan utama})$$

c. Momen design balok maksimum yang merupakan hasil output SAP

d. Dilakukan pemeriksaan apakah benar-benar perlu balok bertulangan rangkap. Dari tabel Apendiks A, terlampir (Istimawan Dipohusodo) diperoleh nilai k maksimum untuk digunakan menghitung M_R balok bertulangan baja tarik saja.

$$M_R \text{ maksimum} = \phi \times b \times d^2 \times k$$

Keterangan :

M_R = momen rencana

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,8)

b = lebar balok (mm)

d = tinggi efektif balok (mm)

k = koefisien tahanan (MPa)

Apabila $M_R < M_u$, rencanakan balok sebagai balok bertulangan rangkap, dan apabila $M_R \geq M_u$ balok direncanakan sebagai balok bertulangan tarik saja.

Apabila harus direncanakan sebagai balok bertulangan rangkap:

e. Hitung nilai ρ , ρ_{\min} , ρ_{\max}

Nilai ρ didapatkan dari tabel

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

$$\rho_b = \frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y}$$

Keterangan :

ρ_b = rasio tulangan balance

$f'c$ = mutu beton (MPa)

f_y = mutu baja (MPa)

β_1 = koefisien whitney

Untuk $f'c \leq 30$ MPa $\beta_1 = 0,85$

Untuk $30 < f'c < 55$ MPa $\beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'c - 30)$

Untuk $f'c > 55$ MPa $\beta_1 = 0,65$

$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b$

f. Menghitung rasio penulangan

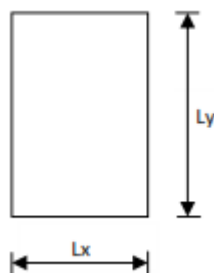
$A_s = \rho \times b \times d$

3.3.4. Perencanaan plat

Perencanaan plat Gedung Kewirausahaan UNNES menggunakan acuan SNI 2847-2013. Plat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

a. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar.



Gambar 3.6 Penampang Plat

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{l_y}{l_x} \geq 2$, dimana l_y dan l_x adalah panjang dari sisi-sisinya. Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1) Penentuan tebal pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. Menurut pasal 9.5.2 SNI-2847-2013, tebal minimum yang ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

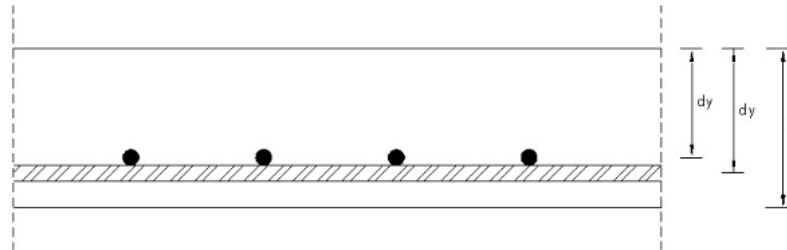
Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	ℓ/ 20	ℓ/ 24	ℓ/ 28	ℓ/ 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/ 16	ℓ/ 18,5	ℓ/ 21	ℓ/ 8

CATATAN:
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_r selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_r/700)$.

(Sumber : SNI-2847-2013 butir 9.5.2.2)

- 2) Menentukan momen maksimum yang merupakan hasil output SAP.
- 3) Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})



Gambar 3.7 Tinggi Efektif Plat

Arah X $d_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah x

Arah Y $d_y = h - p - \varnothing_x - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah y

Untuk beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.2 Tebal Selimut Beton Minimum

Kategori	Tebal selimut minimum
Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75 mm
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :	
- Batang tulangan D-19 hingga D-57	50 mm
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang	40 mm

lebih kecil	
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah :	
- Slab, dinding, balok usuk :	
Batang tulangan D-44 dan D-57	40 mm
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20 mm
- Balok, kolom :	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40 mm
- Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	20 mm
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	13 mm

(Sumber : pasal 7.7.1 SNI 2847 – 2013)

4) Menghitung Kperlu

$$k = \frac{Mu}{\phi \times b \times x \times deff^2}$$

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan
(MPa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

B = lebar penampang (mm) diambil 1 m

deff = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat rencana (SNI 2013)

- 5) Menentukan rasio penulangan (ρ), dari tabel. Dalam penggunaan ρ ada ketentuan yaitu $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, dimana :

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

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

$$\rho_b = 0,75 \cdot \left(\frac{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

- 6) Hitung As yang diperlukan

$$As = \rho \times b \times d$$

Ket :

$$As = \text{Luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

ρ = Rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

- 7) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel. Berdasarkan pasal 7.12 SNI-2847-2013:

a) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit langan memiliki luas tulangan terhadap bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 : 0,0020.
- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 : 0,0018.

- Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada reganganleleh sebesar $0,35\% : 0,0018 \times 400/fy$.

b) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm.

b. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang. Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah adalah :

- 1) Menentukan momen maksimum yang merupakan hasil output SAP.
- 2) Menentukan tebal pelat

Tabel 3.3 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y Mpa ^a	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^c		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^b	
280	$ln / 33$	$ln / 36$	$ln / 36$	$ln / 36$	$ln / 40$	$ln / 40$
420	$ln / 30$	$ln / 33$	$ln / 33$	$ln / 33$	$ln / 36$	$ln / 36$
520	$ln / 28$	$ln / 31$	$ln / 31$	$ln / 31$	$ln / 34$	$ln / 34$

* Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

^a Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

^b Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.

^c Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_r untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : Pasal 9.5.3.2 SNI 2847-2013)

Pada pasal 9.5.3.3, tebal pelat minimum dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

a) Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan Tabel tebal minimum pelat tanpa balok interior.

b) Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari $h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$ dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

c) Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari $h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$ dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

- 3) Menentukan momen yang bekerja pada pelat (dapat berasal dari output SAP 2000 dan perhitungan manual).
- 4) Menentukan tebal selimut beton (p)

Tabel 3.4 Tebal Selimut Beton

Kategori	Tebal selimut minimum
Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75 mm
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : - Batang tulangan D-19 hingga D-57 - Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	50 mm 40 mm
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : - Slab, dinding, balok usuk : Batang tulangan D-44 dan D-57 Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil - Balok, kolom : Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral - Komponen struktur cangkang, pelat lipat : Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	40 mm 20 mm 40 mm 20 mm

Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	13 mm
--	-------

(Sumber: pasal 7.7 SNI 2847-2013)

5) Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y

6) Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y

Untuk menentukan tinggi efektif pelat ditinjau dari dua arah yaitu :

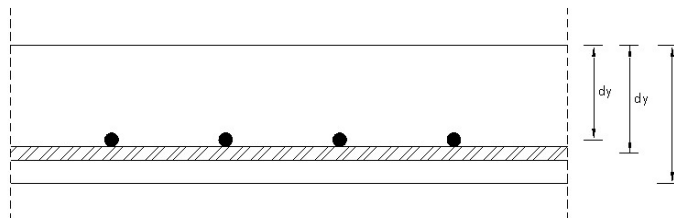
Arah X : $d_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah x

Arah Y : $d_y = h - p - \varnothing_x - \frac{1}{2} \varnothing$ tulangan arah y

Dimana :

h = tebal plat

\varnothing = diameter tulangan yang digunakan



Gambar 3.8 Tebal Efektif Plat Arah X Dan Arah Y

7) Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{\varnothing b d^2}$$

Dimana :

k = koefisien tahanan (Mpa)

M_u = momen terfaktor pada penampang (KNm)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor reduksi = 0,8

8) Mencari rasio penulangan (ρ) (Dipohusodo 1991:214)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

Menentukan nilai m

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c}$$

Menghitung ρ

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Rn \times m}{fy}} \right)$$

syarat : $\rho \min < \rho < \rho \max$

$$\rho \min = \frac{1,4}{fy}$$

$$\rho \max = 0,75 \frac{0,85 f'c \beta}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

Dimana :

$$\beta = ly/lx$$

jika $\rho < \rho \min$ maka menggunakan $\rho \min$

jika $\rho > \rho \max$ maka plat dibuat lebih tebal (Dipohusodo 1991: 37&39)

9) Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

$$As = \rho \times b \times d$$

10) Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\text{luas 1 batang tulangan}}{\text{luas tulangan}} \times 1000\text{mm}$$

11) Mengontrol jarak tulangan

$$S \text{ maks} = 3 \times \text{tebal plat}$$

3.3.5. Perencanaan hubungan kolom balok

a. Gaya geser terfaktor yang bekerja pada hubungan balok dan kolom, (Nawy, 2005) :

$$V_u = T_1 + T_2 - V \text{ kolom}$$

Keterangan :

T₁ = adalah gaya tarik pada baja tulangan di balok akibat momen negatif

T₂ = adalah gaya tarik pada baja tulangan di balok akibat momen positif

V kolom = gaya geser pada kolom di sisi atas dan bawah hubungan balok-kolom

b. Menghitung kuat geser nominal hubungan balok kolom (V_n) dan

$$\phi V_n$$

Untuk hubungan balok kolom terkekang pada keempat sisinya :

$$V_n =$$

$$1,7\sqrt{f'_c} \times A \text{ kolom}$$

Untuk hubungan balok kolom terkekang pada ketiga atau dua sisinya :

$$V_n =$$

$$1,25\sqrt{f'_c} \times A \text{ kolom}$$

Untuk hubungan lainnya :

$$V_n = 1,0\sqrt{f'_c} \times A \text{ kolom}$$

$$\Phi V_n = 0,8 \times V_n$$

Jika $\phi V_n > V_u$ maka kuat geser hubungan balok kolom sudah mencukupi.

- c. Menghitung luas tulangan transversal (Ash) kolom pada joint balok kolom

$$A_{sh1} = 0,009 \times s \times hc \times \frac{f'_c}{f_y}$$

$$A_{sh2} = 0,3 \times s \times hc \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{f_y}$$

Keterangan :

s = jarak antar tulangan transversal

hc = lebar inti kolom yang diukur dari as tulangan longitudinal kolom

A_g = luas penampang kolom

A_{ch} = luas inti penampang kolom

f'_c = mutu beton

f_y = mutu baja

- d. Menentukan jarak antar tulangan transversal pada hubungan kolom balok

$$s_1 = 0,25h \text{ kolom}$$

$$s_2 = 6D \text{ tul. balok}$$

$$s_3 = 100 + \frac{350 - \frac{1}{3}hc}{3}$$

3.4. Permodelan Struktur

Struktur bangunan yang direncanakan adalah struktur portal sepuluh lantai. Pembebebanan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*) dan beban gempa (*earthquake*). yang didasarkan pada SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, dan pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987.

3.4.1. Beban mati

Beton bertulang = 2400 kg/m³

Plafon dan penggantung = 20 kg/m²

Adukan/spesi lantai per cm tebal = 21 kg/m²

Penutup lantai/keramik per cm tebal = 24 kg/m²

Dinding pasangan bata setengah batu = 250 kg/m²

3.4.2. Beban hidup

Kantor = 2,4 kN/m² = 240 Kg/m²

3.4.3. Beban gempa

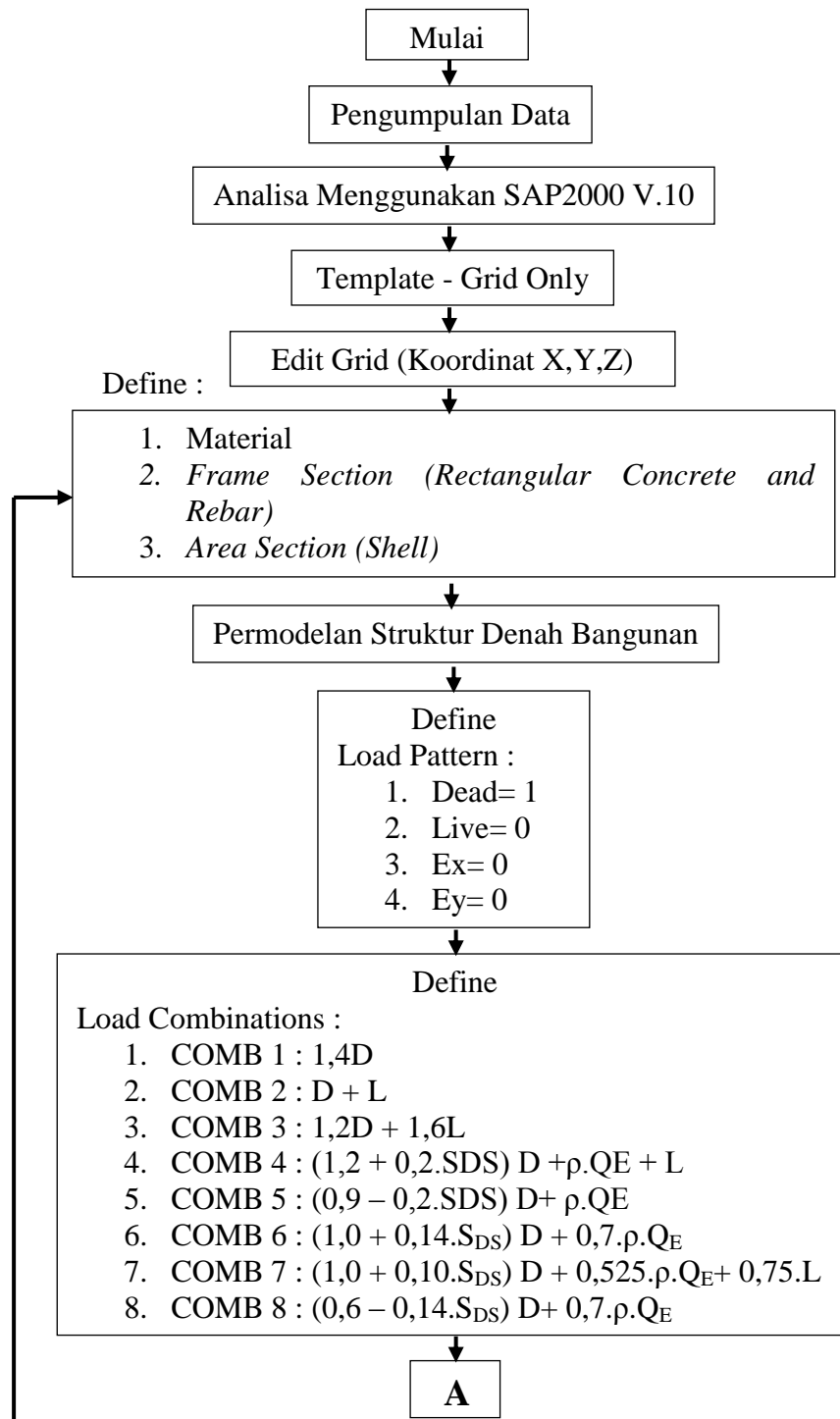
Analisa beban gempa menggunakan analisis desain respons spektrum. Dalam menentukan spektrum respon desain maka harus diketahui kelas situs tanah berdasarkan hasil pengujian tanah pada lokasi proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES.

3.5. Analisis dan Pembahasan

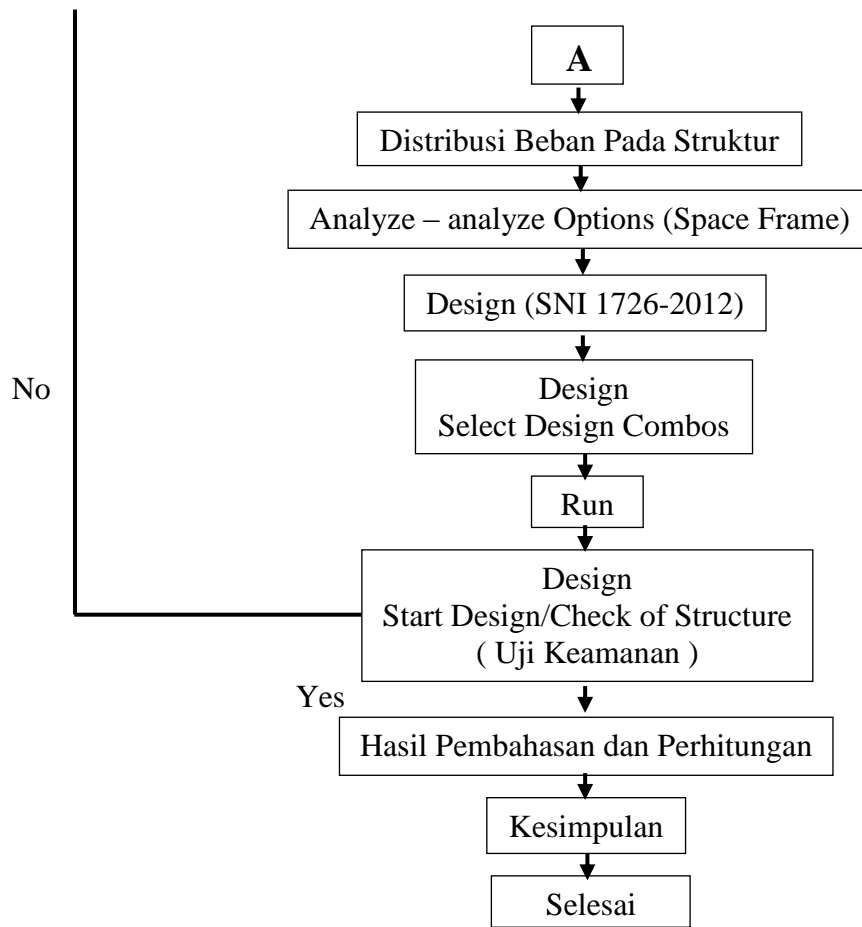
Metode yang digunakan dalam menganalisis struktur gedung ini adalah metode analisis dinamis respon spectrum berdasar SNI 1726-2012. Di dalam analisis, dilakukan perhitungan pembebanan berdasarkan PPURG 1987, SNI 1727-2013 dan gaya gempa berdasarkan SNI 1726-2012. Untuk mempermudah, maka perhitungan dibantu dengan bantuan program SAP2000 V.14. tahap-tahap yang harus dilakukan adalah :

- a. Merencanakan dan memodelkan denah gedung yang akan dianalisis.
- b. Menentukan dimensi kolom, balok, plat lantai serta *helipad* yang disesuaikan terhadap pelaksanaan proyek.
- c. Menentukan jenis material struktur bangunan serta jenis pondasi.
- d. Merencanakan nilai beban yang akan bekerja terhadap bangunan.

Sebagai tambahan, berikut diagram alur mengilustrasikan tahapan analisis yang dilakukan pada karya ilmiah ini.



Gambar 3.9 Diagram Alir Tahapan Analisis Redesain Struktur Gedung



Gambar 3.10 Diagram Alir Tahapan Analisis Redesain Struktur Gedung
Kewirausahaan UNNES (Lanjutan)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

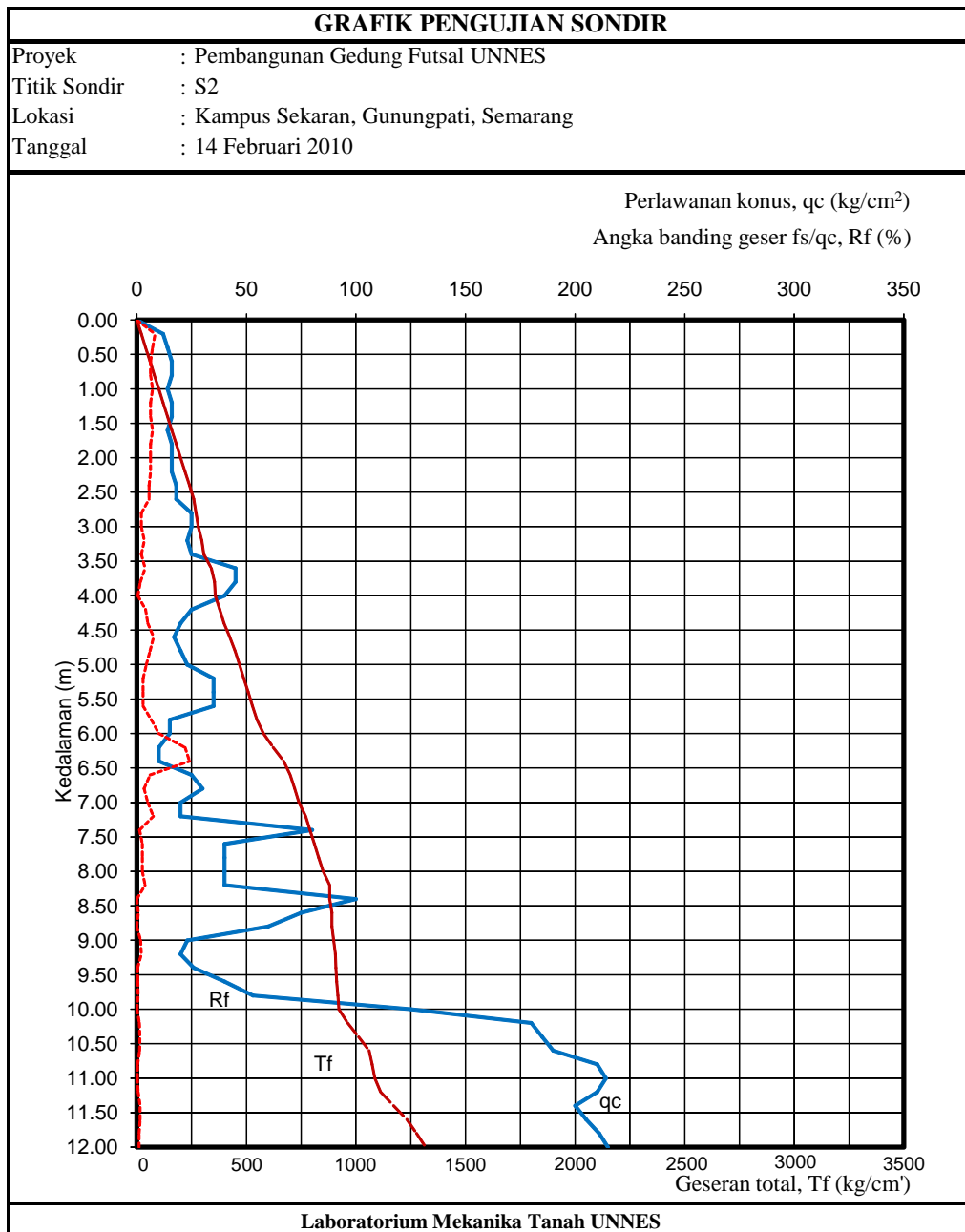
4.1. Analisis Desain Respon Spektrum

Analisis desain respon spektrum digunakan untuk menganalisa beban gempa. Dalam menentukan desain respon spektrum maka harus diketahui kelas situs tanah didapat berdasarkan hasil pengujian tanah pada sekitar lokasi proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sondir

HASIL PENGUJIAN SONDIR (CPT)						
Proyek : Pembangunan Gedung Futsal UNNES						
Titik Sondir : S2						
Lokasi : Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang						
Tanggal : 14 Februari 2010						
Kedalaman (m)	Bacaan qc (kg/cm ²)	Bacaan qc + fs (kg/cm ²)	fs (kg/cm ²)	fs x 20 cm (kg/cm')	Tf (kg/cm')	Rf fs/qc (%)
0.00	0	0	0	0	0	0.0
0.20	12	22	1	20	20	8.33
0.40	14	24	1	20	40	7.14
0.60	16	26	1	20	60	6.25
0.80	16	26	1	20	80	6.25
1.00	14	24	1	20	100	7.14
1.20	16	26	1	20	120	6.25
1.40	16	26	1	20	140	6.25
1.60	14	24	1	20	160	7.14
1.80	16	26	1	20	180	6.25
2.00	16	26	1	20	200	6.25
2.20	16	26	1	20	220	6.25
2.40	18	28	1	20	240	5.56
2.60	18	28	1	20	260	5.56
2.80	25	30	0.5	10	270	2.00
3.00	25	30	0.5	10	280	2.00
3.20	23	31	0.8	16	296	3.48

3.40	25	30	0.5	10	306	2.00
3.60	45	62	1.7	34	340	3.78
3.80	45	52	0.7	14	354	1.56
4.00	40	42	0.2	4	358	0.50
4.20	25	35	1	20	378	4.00
4.40	20	30	1	20	398	5.00
4.60	17	30	1.3	26	424	7.65
4.80	20	32	1.2	24	448	6.00
5.00	23	33	1	20	468	4.35
5.20	35	45	1	20	488	2.86
5.40	35	45	1	20	508	2.86
5.60	35	45	1	20	528	2.86
5.80	15	25	1	20	548	6.67
6.00	15	30	1.5	30	578	10.00
6.20	10	32	2.2	44	622	22.00
6.40	10	34	2.4	48	670	24.00
6.60	25	40	1.5	30	700	6.00
6.80	30	40	1	20	720	3.33
7.00	20	30	1	20	740	5.00
7.20	20	35	1.5	30	770	7.50
7.40	80	90	1	20	790	1.25
7.60	40	50	1	20	810	2.50
7.80	40	50	1	20	830	2.50
8.00	40	50	1	20	850	2.50
8.20	40	55	1.5	30	880	3.75
8.40	100	100	0	0	880	0.00
8.60	75	80	0.5	10	890	0.67
8.80	60	60	0	0	890	0.00
9.00	23	27	0.4	8	898	1.74
9.20	20	24	0.4	8	906	2.00
9.40	26	27	0.1	2	908	0.38
9.60	40	42	0.2	4	912	0.50
9.80	53	56	0.3	6	918	0.57
10.00	125	127	0.2	4	922	0.16
10.20	180	200	2	40	962	1.11
10.40	185	210	2.5	50	1012	1.35
10.60	190	214	2.4	48	1060	1.26
10.80	210	217	0.7	14	1074	0.33
11.00	214	220	0.6	12	1086	0.28
11.20	210	223	1.3	26	1112	0.62
11.40	200	230	3	60	1172	1.50
11.60	205	235	3	60	1232	1.46
11.80	211	233	2.2	44	1276	1.04
12.00	215	236	2.1	42	1318	0.98



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Sondir

4.1.1. Menentukan kelas situs tanah

Data yang tersedia yaitu data sondir, maka harus dikorelasikan terlebih dahulu dari angka q_c menjadi N-SPT. Korelasi $q_c = 2,5 N$ untuk tanah lempung dan $q_c = 4 N$ untuk tanah pasir. Daerah kampus

UNNES dan proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan UNNES termasuk daerah dengan tanah jenis lempung. Maka menggunakan korelasi $q_c = 2,5 N$ sehingga dapat diperhitungkan sebagai berikut :

Tabel 4.2 Korelasi q_c ke N-SPT

Kedalaman (m)	Bacaan q_c (kg/cm ²)	Konversi	NSPT	Selisih Kedalaman (d)	d/NSPT
0.00	0	2.5	0.00	0.20	0.0000
0.20	12	2.5	4.80	0.20	0.0417
0.40	14	2.5	5.60	0.20	0.0357
0.60	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
0.80	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
1.00	14	2.5	5.60	0.20	0.0357
1.20	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
1.40	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
1.60	14	2.5	5.60	0.20	0.0357
1.80	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
2.00	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
2.20	16	2.5	6.40	0.20	0.0313
2.40	18	2.5	7.20	0.20	0.0278
2.60	18	2.5	7.20	0.20	0.0278
2.80	25	2.5	10.00	0.20	0.0200
3.00	25	2.5	10.00	0.20	0.0200
3.20	23	2.5	9.20	0.20	0.0217
3.40	25	2.5	10.00	0.20	0.0200
3.60	45	2.5	18.00	0.20	0.0111
3.80	45	2.5	18.00	0.20	0.0111
4.00	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
4.20	25	2.5	10.00	0.20	0.0200
4.40	20	2.5	8.00	0.20	0.0250
4.60	17	2.5	6.80	0.20	0.0294
4.80	20	2.5	8.00	0.20	0.0250
5.00	23	2.5	9.20	0.20	0.0217
5.20	35	2.5	14.00	0.20	0.0143
5.40	35	2.5	14.00	0.20	0.0143
5.60	35	2.5	14.00	0.20	0.0143
5.80	15	2.5	6.00	0.20	0.0333
6.00	15	2.5	6.00	0.20	0.0333
6.20	10	2.5	4.00	0.20	0.0500
6.40	10	2.5	4.00	0.20	0.0500
6.60	25	2.5	10.00	0.20	0.0200

6.80	30	2.5	12.00	0.20	0.0167
7.00	20	2.5	8.00	0.20	0.0250
7.20	20	2.5	8.00	0.20	0.0250
7.40	80	2.5	32.00	0.20	0.0063
7.60	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
7.80	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
8.00	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
8.20	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
8.40	100	2.5	40.00	0.20	0.0050
8.60	75	2.5	30.00	0.20	0.0067
8.80	60	2.5	24.00	0.20	0.0083
9.00	23	2.5	9.20	0.20	0.0217
9.20	20	2.5	8.00	0.20	0.0250
9.40	26	2.5	10.40	0.20	0.0192
9.60	40	2.5	16.00	0.20	0.0125
9.80	53	2.5	21.20	0.20	0.0094
10.00	125	2.5	50.00	0.20	0.0040
10.20	180	2.5	72.00	0.20	0.0028
10.40	185	2.5	74.00	0.20	0.0027
10.60	190	2.5	76.00	0.20	0.0026
10.80	210	2.5	84.00	0.20	0.0024
11.00	214	2.5	85.60	0.20	0.0023
11.20	210	2.5	84.00	0.20	0.0024
11.40	200	2.5	80.00	0.20	0.0025
11.60	205	2.5	82.00	0.20	0.0024
11.80	211	2.5	84.40	0.20	0.0024
12.00	215	2.5	86.00	0.20	0.0023
Jumlah d/NSPT					0.6390

Profil tanah 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.

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

$$\sum_{i=1}^n d_i = d_1 + d_2 + \dots + d_{20} = 0,2 + 0,2 + \dots + 0,2 = 12 \text{ meter}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i} = \frac{d_1}{N_1} + \frac{d_2}{N_2} + \frac{d_3}{N_3} + \dots + \frac{d_{20}}{N_{20}} = \frac{0,2}{2} + \frac{0,2}{4} + \frac{0,2}{4} + \dots + \frac{0,2}{42} = 0,64$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} = 12 / 0,64 = 18,8$$

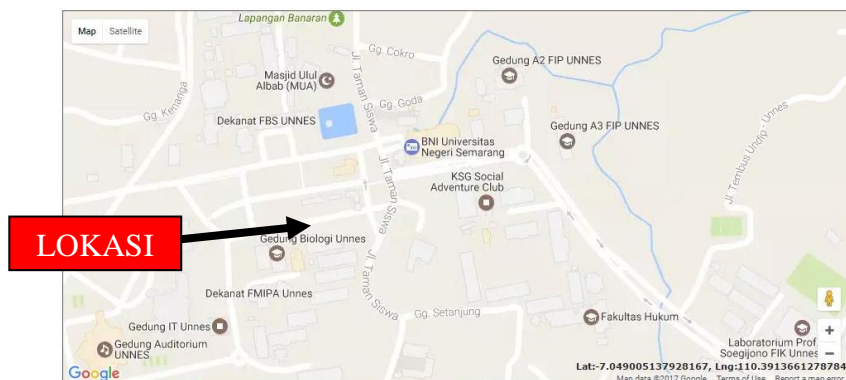
Tabel 4.3 Klasifikasi Situs

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 (tanah 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
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $< < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan < 50 kPa		

(Sumber: Tabel 3 Pasal 5.3. SNI 1726-2012)

Berdasarkan tabel 3, didapatkan hasil $\bar{N} = 18,8$. Maka klasifikasi situs pada lokasi proyek termasuk kelas situs SD (tanah sedang) dengan rentang nilai $15 < \bar{N} < 50$.

4.1.2. Menentukan parameter percepatan gempa (S_s, S_1)



Gambar 4.2 Peta Lokasi Gedung Kewirausahaan UNNES

Berdasarkan data Desain Spektra Indonesia melalui alamat web puskim.pu.go.id untuk proyek pembangunan Gedung Kewirausahaan

UNNES diketahui jenis tanah berupa tanah sedang (SD) didapatkan data yaitu percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) = 0,992 dan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) = 0,336

4.1.3. Menentukan koefisien – koefisien situs dan parameter – parameter respons spektral percepatan gempa.

Tabel 4.4 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber: Tabel 4 Pasal 6.2 SNI 1726-2012)

Tabel 4.5 Koefisien Situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

(Sumber: Tabel 5 Pasal 6.2 SNI 1726-2012)

- Faktor amplifikasi getaran percepatan getaran periode pendek

$$F_a = 1,2$$

- Faktor amplifikasi getaran percepatan getaran periode 1 detik.

$$F_v = 1,8$$

- Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,1904$$

- Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 = 0,6048$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 0,794$$

- Parameter percepatan spektral desain untuk periode 1 detik

$$S_{D1} = 2/3 S_{MS} = 0,403$$

4.1.4. Menentukan Spektrum Respons Desain.

$$T_0 = 0,2 \times S_{D1}/S_{DS} = 0,102$$

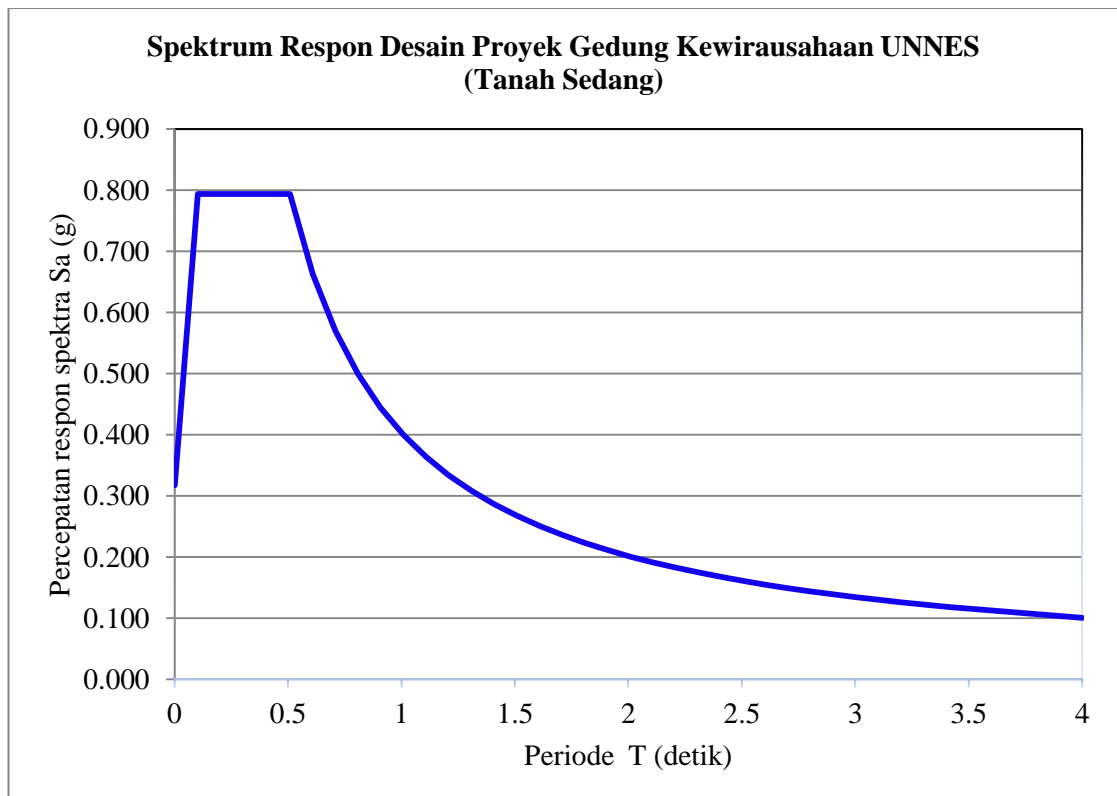
$$T_s = S_{D1}/S_{DS} = 0,508$$

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons kecepatan desain, $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 T/T_0)$; untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, $S_a = S_{DS}$; untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, $S_a = S_{D1}/T$.

Tabel 4.6 Tabel Periodik Respons Spectrum

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.317
T0	0.102	0.794
Ts	0.508	0.794
Ts+0.1	0.608	0.663
Ts+0.2	0.708	0.569
Ts+0.3	0.808	0.499
Ts+0.4	0.908	0.444
Ts+0.5	1.008	0.400
Ts+0.6	1.108	0.364
Ts+0.7	1.208	0.334
Ts+0.8	1.308	0.308
Ts+0.9	1.408	0.286
Ts+1	1.508	0.267

Ts+1.1	1.608	0.251
Ts+1.2	1.708	0.236
Ts+1.3	1.808	0.223
Ts+1.4	1.908	0.211
Ts+1.5	2.008	0.201
Ts+1.6	2.108	0.191
Ts+1.7	2.208	0.183
Ts+1.8	2.308	0.175
Ts+1.9	2.408	0.167
Ts+2	2.508	0.161
Ts+2.1	2.608	0.155
Ts+2.2	2.708	0.149
Ts+2.3	2.808	0.144
Ts+2.4	2.908	0.139
Ts+2.5	3.008	0.134
Ts+2.6	3.108	0.130
Ts+2.7	3.208	0.126
Ts+2.8	3.308	0.122
Ts+2.9	3.408	0.118
4	4	0.101



Gambar 4.3 Desain Respon Spektrum Proyek Gedung Kewirausahaan UNNES

4.1.5. Menentukan kategori risiko bangunan gedung dan non gedung

Tabel 4.7 Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor - Pasar - <u>Gedung perkantoran</u> - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi 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>	III

<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</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 pemadam 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 saat 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 ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV
---	----

(Sumber: Tabel 1 Pasal 4.1.2 SNI 1726-2012)

Tabel 4.8 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
<u>I atau II</u>	<u>1.0</u>
III	1.25
IV	1.50

(Sumber: Tabel 2 Pasal 4.1.2 SNI 1726-2012)

Gedung Kewirausahaan UNNES termasuk jenis gedung dengan pemanfaatan sebagai gedung perkantoran dengan kategori resiko II dan faktor keutamaan (I_e) = 1,0.

4.1.6. Menentukan kategori desain seismik

Tabel 4.9 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan

Periode Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

(Sumber: Tabel 6 Pasal 6.5 SNI 1726-2012)

Tabel 4.10 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan

Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

(Sumber: Tabel 7 Pasal 6.5 SNI 1726-2012)

Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek (S_{DS}) adalah KDS D. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik (S_{D1}) adalah KDS D. Sehingga kategori desain seismik disimpulkan KDS D.

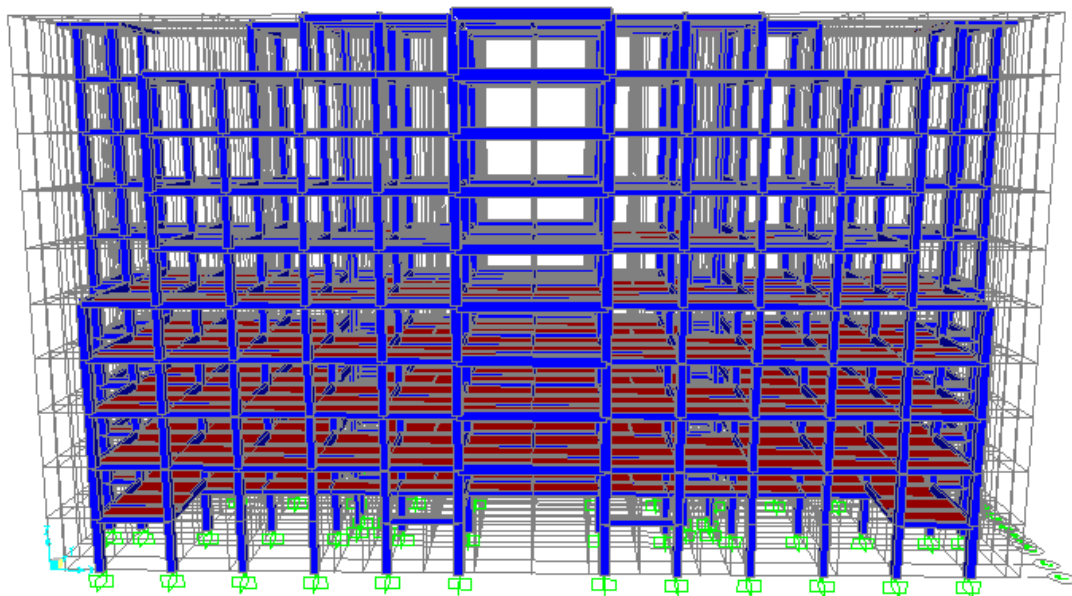
4.1.7. Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem

Tabel 4.11 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesaran defleksi, Cd	Batasan sistem struktur dan batasan Tinggi struktur hn(m)c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
C.Sistem rangka pemikul momen								
(C.5). Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
(C.6). Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
(C.7). Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber: Tabel 9 Pasal 7.2.2 SNI 1726-2012)

Material yang dipilih beton bertulang dan sistem penahan gaya seismik yang diijinkan adalah sistem rangka pemikul momen – rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK) dengan koefisien modifikasi respons $R = 8,0$.

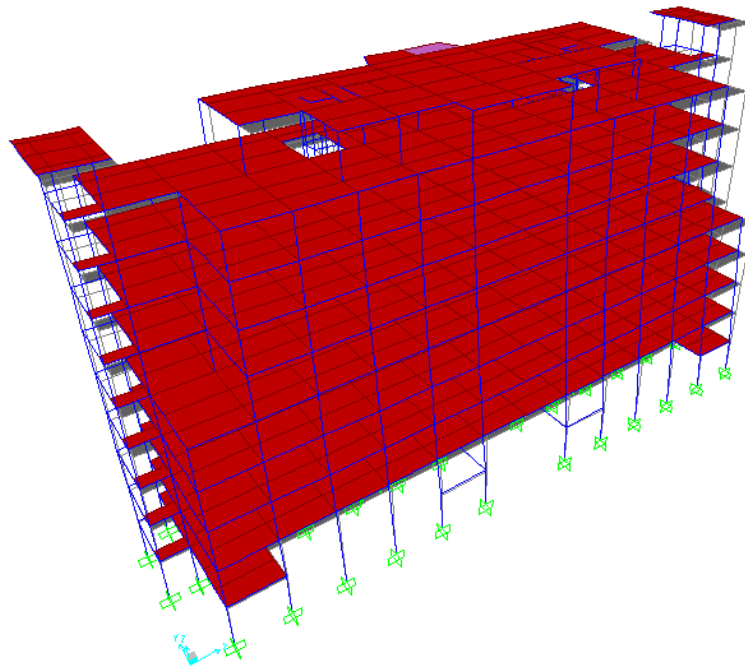


Gambar 4.4 Permodelan Gedung Kewirausahaan UNNES

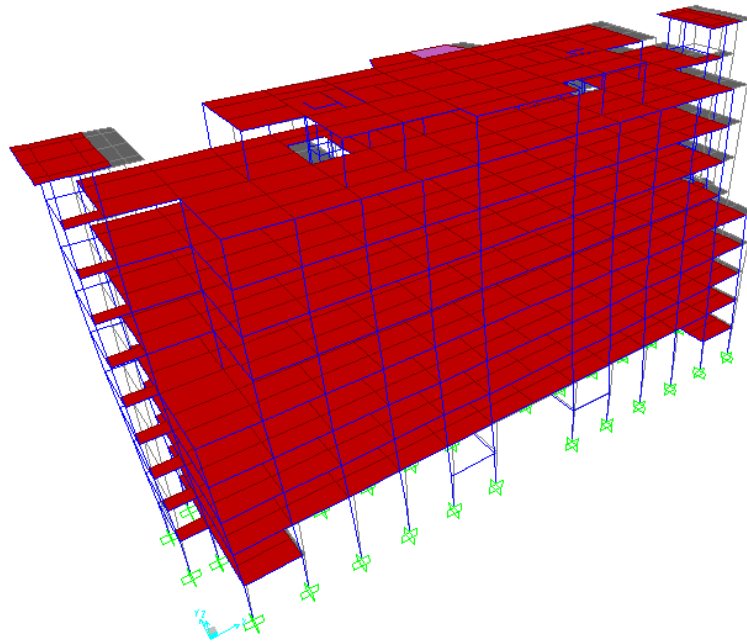
4.1.8. Pengecekan terhadap arah deformasi

Tabel 4.12 Modal Periods and Frequencies

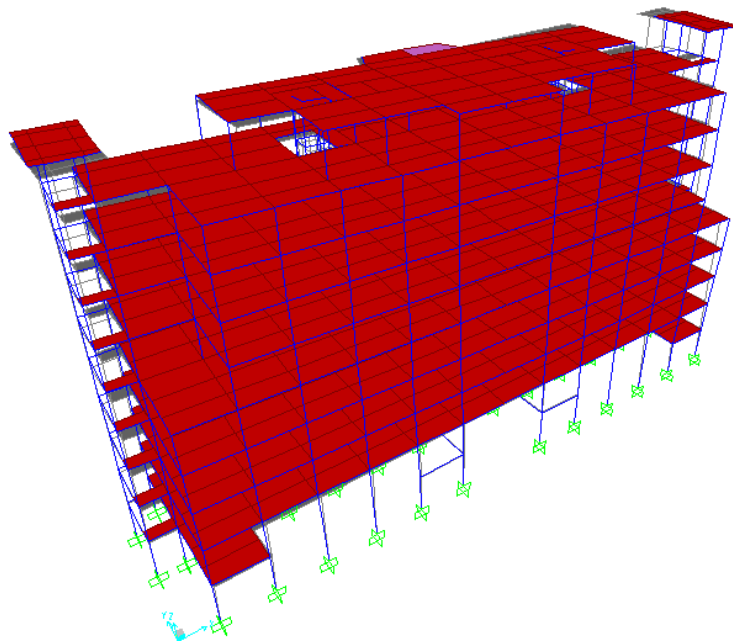
OutputCase	StepNum	Period
Text	Unitless	Sec
MODAL	1	1.096438
MODAL	2	1.058392
MODAL	3	0.931137



Gambar 4.5 Ragam Getar 1 ($T = 1,096$ s)



Gambar 4.6 Ragam Getar 2 ($T = 1,058$ s)



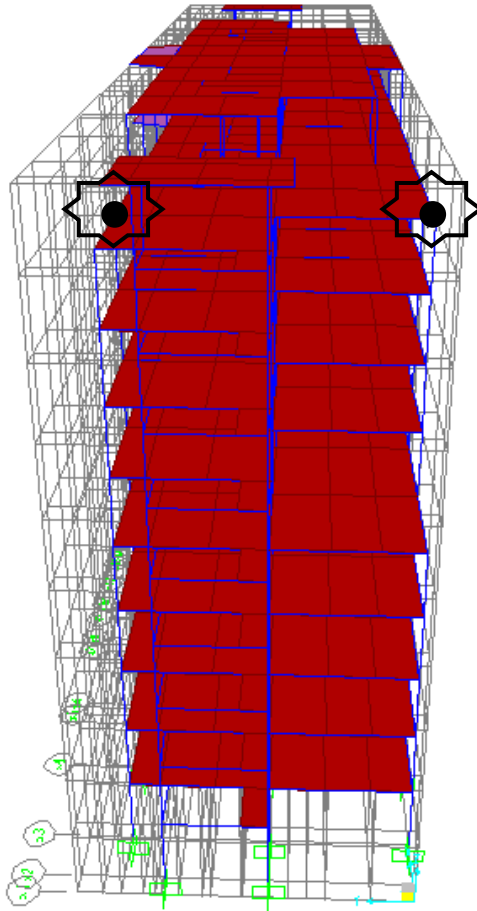
Gambar 4.7 Ragam Getar 3 ($T = 0,931$ s)

4.1.9. Pengecekan torsi

Untuk pengecekan torsi, nilai dari hasil bagi Urata-rata dengan U maksimum tidak boleh melebihi 1,2

Tabel 4.13 Torsi Terhadap Sumbu X

Story Text	Joint Text	Output Case Text	U1 m	Uavg m	Umax m	Uavg/ Umax	Pengecekan (Uavg/Umax) < 1,2
Lt. 1	66	spec 1	0.00365	0.00365	0.003649	1.0	OK
	80	spec 1	0.00365				
Lt. 2	117	spec 1	0.00985	0.00985	0.009846	1.0	OK
	124	spec 1	0.00985				
Lt. 3	157	spec 1	0.01603	0.01603	0.016027	1.0	OK
	164	spec 1	0.01603				
Lt. 4	197	spec 1	0.02175	0.02175	0.021754	1.0	OK
	204	spec 1	0.02175				
Lt. 5	237	spec 1	0.02684	0.02684	0.026838	1.0	OK
	244	spec 1	0.02684				
Lt. 6	277	spec 1	0.03123	0.03123	0.03123	1.0	OK
	284	spec 1	0.03123				
Lt. 7	315	spec 1	0.03480	0.03480	0.034803	1.0	OK
	322	spec 1	0.03480				
Lt. 8	353	spec 1	0.03742	0.03742	0.037415	1.0	OK
	360	spec 1	0.03742				
Lt. 9	391	spec 1	0.03901	0.03901	0.039014	1.0	OK
	398	spec 1	0.03901				
Lt. 10	423	spec 1	0.03976	0.03976	0.03976	1.0	OK
	426	spec 1	0.03976				

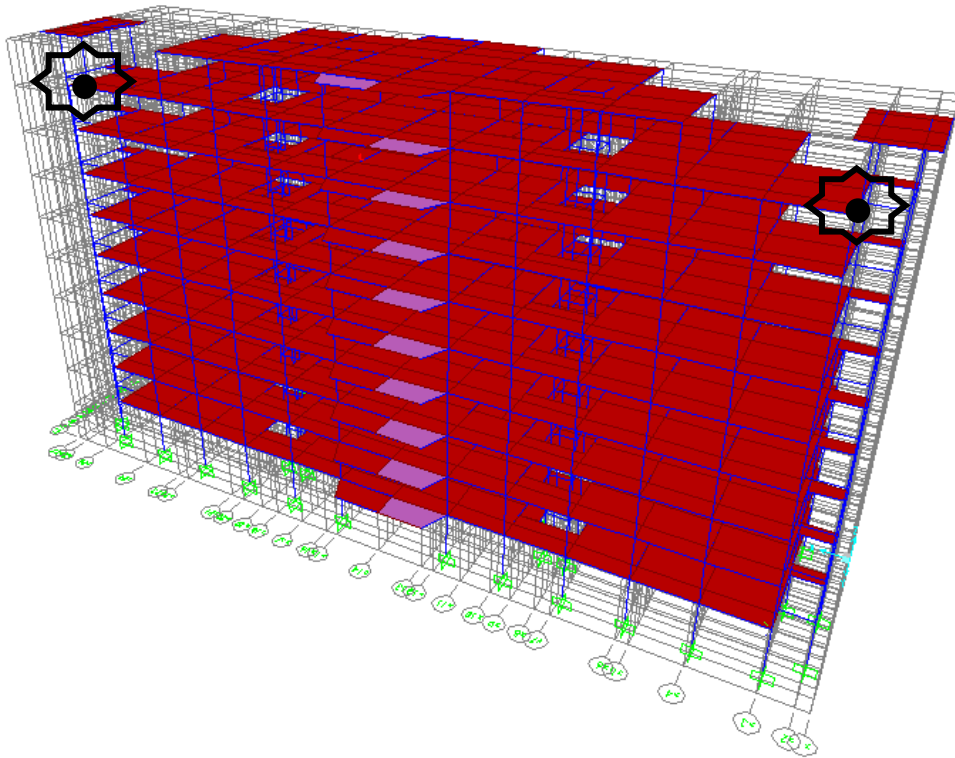


Gambar 4.8 Lokasi Titik Pengecekan Torsi Gempa Arah X

Tabel 4.14 Torsi Terhadap Sumbu Y

Story Text	Joint Text	Output Case Text	U1 m	Uavg m	Umax m	Uavg/ Umax	Pengecekan (Uavg/Umax) < 1,2
Lt. 1	2	spec 2	0.00376	0.00376	0.003755	1.0	OK
	66	spec 2	0.00376				
Lt. 2	89	spec 2	0.01018	0.01018	0.010184	1.0	OK
	117	spec 2	0.01018				
Lt. 3	131	spec 2	0.01657	0.01657	0.016571	1.0	OK
	157	spec 2	0.01657				
Lt. 4	169	spec 2	0.02249	0.02249	0.022487	1.0	OK
	197	spec 2	0.02249				

Lt. 5	209	spec 2	0.02777	0.02777	0.027765	1.0	OK
	237	spec 2	0.02777				
Lt. 6	261	spec 2	0.03241	0.03241	0.032412	1.0	OK
	277	spec 2	0.03241				
Lt. 7	299	spec 2	0.03627	0.03627	0.036267	1.0	OK
	315	spec 2	0.03627				
Lt. 8	337	spec 2	0.03913	0.03913	0.039134	1.0	OK
	353	spec 2	0.03913				
Lt. 9	375	spec 2	0.04091	0.04091	0.040914	1.0	OK
	391	spec 2	0.04091				
Lt. 10	409	spec 2	0.04169	0.04169	0.041686	1.0	OK
	428	spec 2	0.04169				



Gambar 4.9 Lokasi Titik Pengecekan Torsi Gempa Arah Y

4.1.10. Pengecekan Simpangan

Data :

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

Tinggi lantai (H) = 4,5 m

Faktor redudansi (ρ) = 1,3

- Menentukan simpangan ijin antar lantai (Δa)

$$\begin{aligned}\Delta a &= 0,02H/\rho \\ &= 0,02 \times 4,5/1,3 \\ &= 6,923\end{aligned}$$

- Menentukan batasan *ratio drift*

$$\begin{aligned}\text{Batasan } \textit{ratio drift} &= (0,02/\rho) \times 100\% \\ &= (0,02/1,3) \times 100\% \\ &= 1,538\%\end{aligned}$$

- Menghitung simpangan antar lantai (Δ)

simpangan antar lantai 11 (atap) dengan lantai 10 (Δ_{11})

$$\begin{aligned}(\Delta_{11}) &= \frac{(\delta e_{11} - \delta e_{10}) \times C_d}{I_e} \\ &= \frac{(4.012 - 3.936) \times 5,5}{1} \\ &= 0,415 \dots \text{dan seterusnya hingga } \Delta_1\end{aligned}$$

- Menghitung *drift ratio*

$$\begin{aligned}\textit{drift ratio} \text{ lt. 11} &= \frac{\Delta_{11}}{H} \\ &= \frac{0,415}{450} \times 100\% \\ &= 0,092\% \dots \text{dan seterusnya hingga } \textit{drift ratio} \text{ lt. 1}\end{aligned}$$

Tabel 4.15 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah X

Story	Joint	Output Case	δx_e	H	Δ	Drift Ratio (a)	Δa	Batasan Drift Ratio (b)	Syarat:	Syarat:
			cm					cm	cm	%
Text	Text		cm	cm	cm	%		%		
1	35	Spec 1	0	450	0	0	6.92	1.538	Aman	Aman
2	36	Spec 1	0.372	450	2.04	0.454			Aman	Aman
3	104	Spec 1	1.001	450	3.46	0.769			Aman	Aman
4	146	Spec 1	1.624	450	3.42	0.761			Aman	Aman
5	184	Spec 1	2.199	450	3.16	0.703			Aman	Aman
6	224	Spec 1	2.708	450	2.80	0.623			Aman	Aman
7	264	Spec 1	3.150	450	2.43	0.540			Aman	Aman
8	302	Spec 1	3.511	450	1.98	0.441			Aman	Aman
9	340	Spec 1	3.775	450	1.45	0.323			Aman	Aman
10	378	Spec 1	3.936	450	0.89	0.198			Aman	Aman
11	411	Spec 1	4.012	450	0.41	0.092			Aman	Aman

Tabel 4.16 Simpangan Antar Lantai Gempa Arah Y

Story	Joint	Output Case	δx_e	H	Δ	Drift Ratio (a)	Δa	Batasan Drift Ratio (b)	Syarat:	Syarat:
			cm					cm	cm	%
Text	Text		cm <td>cm</td> <td>cm</td> <td>%</td> <td></td> <td>%</td> <td></td> <td></td>	cm	cm	%		%		
1	35	Spec 2	0	450	0	0	6.92	1.538	Aman	Aman
2	36	Spec 2	0.373	450	2.052	0.456			Aman	Aman
3	104	Spec 2	1.012	450	3.515	0.781			Aman	Aman
4	146	Spec 2	1.647	450	3.490	0.776			Aman	Aman
5	184	Spec 2	2.235	450	3.233	0.718			Aman	Aman
6	224	Spec 2	2.759	450	2.883	0.641			Aman	Aman
7	264	Spec 2	3.220	450	2.538	0.564			Aman	Aman
8	302	Spec 2	3.603	450	2.103	0.467			Aman	Aman
9	340	Spec 2	3.887	450	1.563	0.347			Aman	Aman
10	378	Spec 2	4.063	450	0.970	0.215			Aman	Aman
11	411	Spec 2	4.140	450	0.422	0.094			Aman	Aman

4.2. Perencanaan Pondasi

4.2.1. Pondasi TP1

Pondasi TP1 adalah pondasi tiang pancang untuk Kolom K1 (80 cm x 80 cm).

a. Penentuan kedalaman dan kapasitas dukung tiang tunggal (Q_{all})

Dari data sondir didapatkan kedalaman maksimum tanah adalah 12 m, namun digunakan kedalaman 10 m dikarenakan nilai q_c dan *total friction* (T_f) yang sudah relatif besar yaitu 125 kg/cm^2 dan 922 kg/cm . Dicoba menggunakan tiang pancang Ex-Tonggak Ampuh dengan dimensi tiang $35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$.

Didalam Wesley (1977) disebutkan kapasitas dukung tiang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_{ujung} + Q_{selimut} \\ &= \frac{q_c \times A}{3} + \frac{T_f \times o}{5} \\ &= \frac{125 \times 35 \times 35}{3} + \frac{922 \times 4 \times 35}{5} \\ &= 76857,7 \text{ Kg} \\ &= 76,857 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Pengecekan beban *axial* tiang terhadap Q_{all}

Syarat : beban *axial* tiang $< Q_{all}$

beban *axial* tiang = $165,3 \text{ Ton} / 2 = 82,65 \text{ Ton}$

$82,65 \text{ Ton} < 76,857 \text{ Ton} \rightarrow$ Memenuhi

Tabel 4.17 Joint Reaction Pada Titik Maksimum

Joint	OutputCase	Step	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
Text	Text	Type	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
35	1.4D		2.08	0.91	203.40	-1.54	2.96	0.00
35	1.2D+1.6L		4.03	3.41	470.18	-5.76	5.75	0.00
35	1.2D+L+Ex+0.3Ey	Max	21.29	7.35	294.68	17.48	69.32	0.15
35	1.2D+L+Ex+0.3Ey	Min	-15.89	-3.95	281.33	-23.22	-61.63	-0.15
35	1.2D+L+0.3Ex+Ey	Max	8.45	19.55	292.49	61.85	23.74	0.06
35	1.2D+L+0.3Ex+Ey	Min	-3.05	-16.15	283.51	-67.59	-16.04	-0.06
35	0.9D+Ex+0.3Ey	Max	19.71	6.14	116.22	19.52	67.07	0.15
35	0.9D+Ex+0.3Ey	Min	-17.47	-5.16	102.87	-21.18	-63.88	-0.15
35	0.9D+0.3Ex+Ey	Max	7.74	18.73	200.04	63.24	22.74	0.06
35	0.9D+0.3Ex+Ey	Min	-3.75	-16.97	191.06	-66.21	-17.05	-0.06
35	DL+LL		2.89	2.29	330.19	-3.87	4.12	0.00
35	D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	14.65	4.67	164.80	13.03	48.16	0.10
35	D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	-11.38	-3.23	155.46	-15.46	-43.50	-0.10
35	D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	5.66	13.21	163.27	44.09	16.25	0.04
35	D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	-2.39	-11.78	156.99	-46.52	-11.59	-0.04
35	D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Max	12.41	4.90	298.07	7.42	38.15	0.08
35	D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Min	-7.11	-1.04	291.06	-13.95	-30.60	-0.08
35	D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Max	5.66	11.30	296.92	30.72	14.22	0.03
35	D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Min	-0.37	-7.44	292.21	-37.24	-6.67	-0.03
35	0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	14.05	4.41	106.69	13.47	47.32	0.10
35	0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	-11.97	-3.50	97.34	-15.02	-44.35	-0.10
35	0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	5.07	12.95	105.16	44.53	15.41	0.04
35	0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	-2.98	-12.04	98.88	-46.08	-12.44	-0.04

b. Penentuan kapasitas dukung tiang group (Q_{all} group)

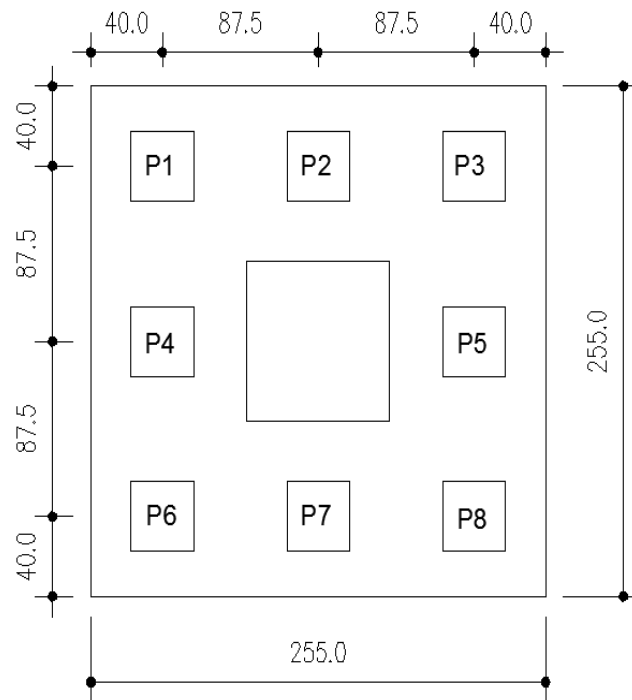
$$\begin{aligned}
 Q_{all} \text{ group} &= Q_{all} \times E_g \\
 &= 76,857 \times 0,7 \\
 &= 53,8 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

c. Penentuan jumlah tiang (n) dan konfigurasi tiang. Diketahui F_z

adalah beban vertikal pada kombinasi beban DL + LL yaitu sebesar 330,185 Ton

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{F_z}{0,8 \times Q_{all} \text{ group}} \\
 &= \frac{330,185}{0,8 \times 53,8}
 \end{aligned}$$

= 7,67 tiang ~ 8 tiang



Gambar 4.10 Konfigurasi Tiang Pancang

d. Perhitungan Distribusi reaksi tumpuan ke tiang (Q)

- Menghitung berat pile cap

$$\text{Berat pile cap} = p \times l \times t \times \gamma \text{ beton}$$

$$= 2,55 \times 2,55 \times 0,7 \times 24$$

$$= 109,242 \text{ KN}$$

$$= 10,9242 \text{ Ton}$$

- Menghitung berat tiang

$$\text{Berat tiang} = b \times h \times l \text{ tiang} \times n \times \gamma \text{ beton}$$

$$= 0,35 \times 0,35 \times 10 \times 8 \times 24$$

$$= 235,2 \text{ KN}$$

$$= 23,52 \text{ Ton}$$

- Menghitung berat pile cap + berat tiang

$$\begin{aligned} \text{berat pile cap + berat tiang} &= 10,9242 \text{ Ton} + 23,52 \text{ Ton} \\ &= 34,444 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Tabel 4.18 Joint Reactions

Kombinasi	Kondisi	fz (Ton)	Mx (Ton.m)	My (Ton.m)
DL+LL		330.19	-3.87	4.12
D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	164.80	13.03	48.16
D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	155.46	-15.46	-43.50
D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	163.27	44.09	16.25
D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	156.99	-46.52	-11.59
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Max	298.07	7.42	38.15
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Min	291.06	-13.95	-30.60
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Max	296.92	30.72	14.22
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Min	292.21	-37.24	-6.67
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	106.69	13.47	47.32
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	97.34	-15.02	-44.35
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	105.16	44.53	15.41
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	98.88	-46.08	-12.44

Tabel 4.19 Sumbu x dan y Masing-Masing Tiang

No Tiang	x (m)	y (m)	x ² (m ²)	y ² (m ²)
P1	-0.875	0.875	0.766	0.766
P2	0	0.875	0.000	0.766
P3	0.875	0.875	0.766	0.766
P4	-0.875	0	0.766	0.000
P5	0.875	0	0.766	0.000
P6	-0.875	-0.875	0.766	0.766
P7	0	-0.875	0.000	0.766
P8	-0.875	0.875	0.766	0.766
Jumlah			4.594	4.594
Jumlah Tiang			8	

$$Q = \frac{P \text{ total}}{n} + \frac{My \times x}{\Sigma(x^2)} + \frac{Mx \times y}{\Sigma(y^2)}$$

$$Q_{P1} = \frac{34,444+330,19}{8} + \frac{4.12 \times -0.875}{4.594} + \frac{-3.87 \times 0.875}{4.594}$$

$$= 44,06 \text{ Ton}$$

Dan seterusnya sampai kombinasi 0.6D+0.7(0.3Ex+Ey) hingga Q

P12.

Tabel 4.20 Distribusi Reaksi Tumpuan ke Masing-Masing Tiang (Q)

Kombinasi	P1 (Ton)	P2 (Ton)	P3 (Ton)	P4 (Ton)	P5 (Ton)	P6 (Ton)	P7 (Ton)	P8 (Ton)	Max (Ton)	Min (Ton)
DL+LL	44.06	44.84	45.63	44.79	46.36	45.53	46.32	44.06	49.98	5.17
D+0.7(Ex+0.3Ey)	18.21	27.39	36.56	15.73	34.08	13.25	22.42	18.21		
D+0.7(Ex+0.3Ey)	29.08	20.79	12.51	32.02	15.45	34.97	26.68	29.08		
D+0.7(0.3Ex+Ey)	30.02	33.11	36.21	21.62	27.81	13.22	16.32	30.02		
D+0.7(0.3Ex+Ey)	17.28	15.07	12.86	26.14	21.72	35.00	32.79	17.28		
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	35.71	44.52	45.94	35.84	38.67	28.58	29.99	43.11		
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	43.86	38.03	32.20	46.52	34.86	49.17	43.34	43.86		
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	44.56	47.27	49.98	38.71	44.13	32.86	35.57	44.56		
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	35.01	33.74	32.47	42.10	39.56	49.20	47.92	35.01		
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	11.19	20.21	29.22	8.63	26.65	6.06	15.08	11.19		
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	22.06	13.61	5.17	24.92	8.03	27.78	19.33	22.06		
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	23.00	25.93	28.87	14.52	20.39	6.03	8.97	23.00		
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	10.26	7.89	5.52	19.03	14.30	27.81	25.44	10.26		

Syarat : Distribusi reaksi tumpuan ke tiang maksimum (Qmax)

harus lebih kecil dari Qall grup

49,98 ton < 53,8 ton → memenuhi.

e. Hitung kapasitas tiang tunggal terhadap beban horizontal (Hu)

menggunakan metode Broms.

- Menghitung nilai Cu

$$Cu = qc/10$$

$$= 125/10$$

$$= 12,5 \text{ kg/cm}^2 = 1250 \text{ kN/m}^2$$

- Menghitung H_u

$$L/d = 10/0.35$$

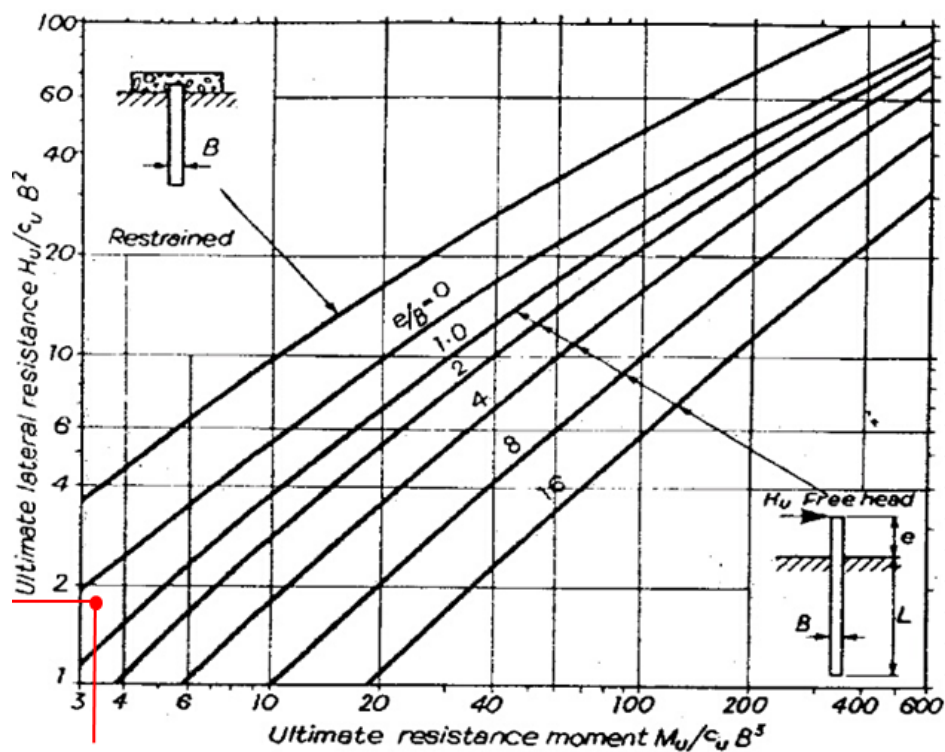
$$= 28,571$$

$$e/d = 0.1/0.35$$

$$= 0.286$$

Momen bahan (M_y) tiang pancang Ex-Tonggak Ampuh dimensi 35 cm x 35 cm adalah 176 kN.m.

$$\frac{M_y}{c_u \times d^3} = \frac{176}{1250 \times 0,35^3} = 3,28$$



Gambar 4.11 Metode Broms

Dari grafik broms diatas didapatkan nilai $\frac{H_u}{c_u \times d^2} = 1,8$

$$H_u = 1,8 \times C_u \times d^2$$

$$= 1,8 \times 1250 \times 0,35^2$$

$$= 275,6 \text{ kN}$$

$$= 27,56 \text{ ton}$$

f. Menghitung H maksimum (H max)

Tabel 4.21 Joint Reactions Maksimum

OutputCase	StepType	Fx	Fy	Fx/n	Fy/n
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton
DL+LL		2.8888	2.2932	0.3611	0.28665
D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	14.6473	4.6742	1.83091	0.58428
D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	-11.3794	-3.2344	-1.42243	-0.4043
D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	5.6586	13.2149	0.70733	1.65186
D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	-2.3908	-11.7751	-0.29885	-1.47189
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Max	12.4055	4.8973	1.55069	0.61216
D+0.75L+0.525(0.3Ex+Ey)	Min	-7.1146	-1.0355	-0.88933	-0.12944
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Max	5.6647	11.3022	0.70809	1.41278
D+0.75L+0.525(Ex+0.3Ey)	Min	-0.3738	-7.4404	-0.04673	-0.93005
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Max	14.0543	4.413	1.75679	0.55163
0.6D+0.7(Ex+0.3Ey)	Min	-11.9724	-3.4957	-1.49655	-0.43696
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Max	5.0657	12.9537	0.63321	1.61921
0.6D+0.7(0.3Ex+Ey)	Min	-2.9837	-12.0364	-0.37296	-1.50455
MAX				1.8309125	

Dari tabel diatas didapatkan Fx max dan Fy max masing-masing

14,05 ton dan 4,41 ton.

$$H = \sqrt{Fx^2 + Fy^2}$$

$$= \sqrt{14,05^2 + 4,41^2}$$

$$= 15,38 \text{ ton} \rightarrow \text{untuk 8 tiang}$$

$$= \frac{15,38}{8}$$

$$= 1,92 \text{ ton}$$

Syarat : $H < H_u$

1,92 ton < 27,56 ton \rightarrow memenuhi

Dari hasil diatas dipilih H yang terkecil, jadi gaya horizontal ijin,

$$(H_{ijin}) = 1,92 \text{ ton.}$$

Syarat : $H_{ijin} > F_x/n$ atau F_y/n

$$1,92 \text{ ton} > 1,83 \text{ ton} \rightarrow \text{memenuhi}$$

g. Perhitungan ketebalan pile cap

Tabel 4.22 Joint Reactions

Kombinasi	Kondisi	fz (Ton)	Mx (Ton.m)	My (Ton.m)
1.4D		203.4	-1.544	2.959
1.2D+1.6L		470.18	-5.755	5.745
1.2D+L+Ex+0.3Ey	Max	294.68	17.478	69.320
1.2D+L+Ex+0.3Ey	Min	281.33	-23.216	-61.625
1.2D+L+0.3Ex+Ey	Max	292.49	61.853	23.738
1.2D+L+0.3Ex+Ey	Min	283.51	-67.591	-16.043
0.9D+Ex+0.3Ey	Max	116.22	19.516	67.066
0.9D+Ex+0.3Ey	Min	102.87	-21.179	-63.879
0.9D+0.3Ex+Ey	Max	200.04	63.238	22.735
0.9D+0.3Ex+Ey	Min	191.06	-66.206	-17.046

Tabel 4.23 Sumbu x dan y Masing-Masing Tiang

No Tiang	x (m)	y (m)	x ² (m ²)	y ² (m ²)
P1	-0.875	0.875	0.766	0.766
P2	0	0.875	0.000	0.766
P3	0.875	0.875	0.766	0.766
P4	-0.875	0	0.766	0.000
P5	0.875	0	0.766	0.000
P6	-0.875	-0.875	0.766	0.766
P7	0	-0.875	0.000	0.766
P8	-0.875	0.875	0.766	0.766
Jumlah			4.594	4.594
Jumlah Tiang			8	

$$Q = \frac{P \text{ total}}{n} + \frac{My \times x}{\Sigma(x^2)} + \frac{Mx \times y}{\Sigma(y^2)}$$

$$Q P1 = \frac{34,444+203,4}{8} + \frac{2.959 \times -0,875}{4.594} + \frac{1.544 \times 0,875}{4.594}$$

$$= 28,872 \text{ Ton}$$

Dan seterusnya sampai kombinasi 0.9D+0.3Ex+Ey hingga Q P12.

Tabel 4.24 Lengan Momen

Lengan Momen	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
mx1	0.0475	0.0475	0.0475	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
mx2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0475	0.0475	0.0475
my1	0.0475	0.0000	0.0000	0.0475	0.0000	0.0475	0.0000	0.0000
my2	0.0000	0.0000	0.0475	0.0000	0.0475	0.0000	0.0000	0.0475

$$Mux1 = Q Pu1 \times Mx1 + Q Pu2 \times Mx2 + \dots + Q Pu12 \times Mx12$$

$$= 4,195 \text{ ton.m}$$

Dan seterusnya sampai kombinasi 0.9D+0.3Ex+Ey hingga Muy2.

Tabel 4.25 Rekap Perhitungan Q dan Mu

Kombinasi	P1 (Ton)	P2 (Ton)	P3 (Ton)	P4 (Ton)	P5 (Ton)	P6 (Ton)	P7 (Ton)	P8 (Ton)	Mux1 (Ton.m)	Mux2 (Ton.m)	Muy1 (Ton.m)	Muy2 (Ton.m)
1.4D	28.872	29.436	30.000	29.166	30.294	29.460	30.024	28.872	4.195	4.197	4.156	4.235
1.2D+1.6L	60.888	61.982	63.077	61.984	64.173	63.080	64.175	60.888	8.832	8.937	8.833	8.937
1.2D+L+Ex+0.3Ey	31.266	44.470	57.673	27.936	54.344	24.607	37.811	31.266	6.337	4.450	3.981	6.806
1.2D+L+Ex+0.3Ey	46.787	35.049	23.311	51.209	27.733	55.631	43.893	46.787	4.994	6.950	7.297	4.647
1.2D+L+0.3Ex+Ey	48.127	52.648	57.170	36.345	45.388	24.564	29.085	48.127	7.502	4.834	5.179	7.158
1.2D+L+0.3Ex+Ey	29.926	32.383	19.509	48.314	22.565	51.369	38.495	45.258	3.886	6.418	6.156	4.148
0.9D+Ex+0.3Ey	9.776	22.550	35.325	6.058	31.608	2.341	15.116	9.776	3.213	1.294	0.863	3.644
0.9D+Ex+0.3Ey	25.297	13.130	0.962	29.331	4.996	33.365	21.198	25.297	1.871	3.793	4.180	1.485
0.9D+0.3Ex+Ey	37.025	41.356	45.686	24.980	33.641	12.935	17.265	37.025	5.893	3.193	3.560	5.527
0.9D+0.3Ex+Ey	18.824	15.578	12.331	31.435	24.941	44.046	40.799	18.824	2.220	4.924	4.479	2.665
Mu Max									8.832	8.937	8.833	8.937
Mu Max									8.937		8.937	

h. Cek terhadap geser pons

- Tinggi efektif (d) = 70 cm
 - Vu pons = Fuz maks x g
- $$= 470,18 \times 9,81$$

$$= 4607807,1 \text{ N}$$

$$= 4607,807 \text{ kN}$$

- Keliling bidang kritis geser pons (b_0)

$$b_0 = 2(b+d) + 2(h+d)$$

$$= 2(800+700) + 2(800+700)$$

$$= 6000 \text{ mm}$$

- $\phi_{vc} \text{ pons} = 0,6 \times 0,33 \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d$

$$= 0,6 \times 0,33 \times \sqrt{33,2} \times 6000 \times 70$$

$$= 4791633 \text{ N}$$

$$= 4791,633 \text{ kN}$$

Syarat : $V_u \text{ pons} < \phi_{vc} \text{ pons}$

$$4607,807 \text{ kN} < 4791,633 \text{ kN} \rightarrow \text{memenuhi}$$

- i. Cek terhadap geser lentur

Tebal pile cap (t_h) = $d + 15 + \text{selimut beton} + \frac{1}{2} D \text{ tulangan}$

$$= 70 + 15 + 5 + \frac{1}{2} 2,2$$

$$= 91,1 \text{ cm} \sim 100 \text{ cm}$$

- j. Perhitungan tulangan pada sumbu x

$$M_u \text{ max} = 8,937 \text{ ton.m}$$

$$= 893653,87 \text{ kg.m}$$

Nilai β_1 :

jika $f'c \leq 300 \text{ kg/cm}^2$ maka $\beta_1 = 0,85$

jika $f'c > 300 \text{ kg/cm}^2$ maka $\beta_1 = 0,85 - 0,0008(f'c - 30)$

- $M_n = M_u / 0,8$

$$= 893653,87/0,8$$

$$= 1117067,335 \text{ kg.cm}$$

$$\bullet K = \frac{Mn}{B \times d^2 \times 0,85 \times f'c}$$
$$= \frac{1117067,335}{255 \times 70^2 \times 0,85 \times 33,2}$$

$$= 0,00316$$

$$\bullet F = 1 - \sqrt{1 - 2k}$$
$$= 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,00316}$$

$$= 0,00317$$

$$\bullet F \text{ maks} = \frac{\beta_1 \times 4500}{6000 + f_y}$$
$$= \frac{0,847 \times 4500}{6000 + 410}$$

$$= 0,377$$

Syarat : $F < F \text{ maks}$

$$0,00317 < 0,377 \rightarrow \text{memenuhi}$$

$$\bullet A_s = \frac{F \times B \times d \times 0,85 \times f'c}{f_y}$$
$$= \frac{0,00317 \times 255 \times 70 \times 0,85 \times 33,2}{410}$$

$$= 3,8985 \text{ cm}^2$$

• Tulangan bawah

$$A_s \text{ min} = \rho \text{ min} \times B \times d$$

$$= 0,0025 \times 255 \times 70$$

$$= 44,625 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 16D22 = 60,79 cm²

Syarat : $A_s \text{ min} < A_s \text{ terpasang}$

$$44,625 \text{ cm}^2 < 60,79 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

- Tulangan atas

$$\begin{aligned} A_s \text{ min} &= 0,15\% \times B \times d \\ &= 0,15\% \times 225 \times 70 \\ &= 26,775 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipasang tulangan } 16D16 = 32,153 \text{ cm}^2$$

Syarat : $A_s \text{ min} < A_s \text{ terpasang}$

$$26,775 \text{ cm}^2 < 32,153 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

k. Perhitungan tulangan pada sumbu y

$$\begin{aligned} \text{Mu max} &= 8,937 \text{ ton.m} \\ &= 893653,87 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Nilai β_1 :

jika $f'c \leq 300 \text{ kg/cm}^2$ maka $\beta_1 = 0,85$

jika $f'c > 300 \text{ kg/cm}^2$ maka $\beta_1 = 0,85 - 0,0008(f'c - 300)$

- $M_n = \text{Mu}/0,8$
$$\begin{aligned} &= 893653,87/0,8 \\ &= 1117067,335 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- $K = \frac{M_n}{B \times d^2 \times 0,85 \times f'c}$
$$\begin{aligned} &= \frac{1117067,335}{255 \times 70^2 \times 0,85 \times 33,2} \\ &= 0,00316 \end{aligned}$$

- $F = 1 - \sqrt{1 - 2k}$

$$= 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,00316}$$

$$= 0,00317$$

- $F_{\text{maks}} = \frac{\beta_1 \times 4500}{6000 + f_y}$
$$= \frac{0,5844 \times 4500}{6000 + 410}$$
$$= 0,377$$

Syarat : $F < F_{\text{maks}}$

$0,00317 < 0,377 \rightarrow$ memenuhi

- $A_s = \frac{F \times B \times d \times 0,85 \times f'_c}{f_y}$
$$= \frac{0,00317 \times 255 \times 70 \times 0,85 \times 33,2}{410}$$
$$= 3,8985 \text{ cm}^2$$

- Tulangan bawah

$$A_{s \text{ min}} = \rho_{\text{min}} \times B \times d$$

$$= 0,0025 \times 255 \times 70$$

$$= 44,625 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 16D22 = 60,79 cm²

Syarat : $A_{s \text{ min}} < A_s \text{ terpasang}$

$44,625 \text{ cm}^2 < 60,79 \text{ cm}^2 \rightarrow$ memenuhi

- Tulangan atas

$$A_{s \text{ min}} = 0,15\% \times B \times d$$

$$= 0,15\% \times 225 \times 70$$

$$= 26,775 \text{ cm}^2$$

Dipasang tulangan 16D16 = 32,153 cm²

Syarat : $A_s \text{ min} < A_s \text{ terpasang}$

$$26,775 \text{ cm}^2 < 32,153 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

1. Pengecekan momen

- $M_{\text{max}} = H(e+1,5d+0,5(H_u/(9C_u \times d)))$
 $= 19,2(0,1+1,5 \times 0,35+0,5(275,625/(91250 \times 0,35)))$
 $= 12,684 \text{ kN.m}$
- $M = M_{\text{max}} \times 1,4$
 $= 12,684 \times 1,4$
 $= 17,758 \text{ kN.m}$
- $M \text{ bahan tiang} = 176 \text{ kN.m}$

Syarat : $M < M \text{ bahan tiang}$

$$17,758 \text{ kN.m} < 176 \text{ kN.m} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Pondasi TP1 digunakan pada kolom K1 80 cm X 80 cm. Untuk pondasi yang lain dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.26 Pondasi yang Digunakan untuk Redesain Gedung Kewirausahaan

UNNES

Jenis Pondasi	Untuk Kolom	Panjang Pile Cap (m)	Lebar Pile (m)	Tebal Pile Cap (m)	Ukuran Tiang (m)	Jumlah Tiang (buah)	Tulangan Arah x		Tulangan Arah y	
							Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Atas	Tul. Bawah
Pondasi TP1	Kolom K1 80x80	2,55	2,55	1	0,35x0,35	8	15D16	15D22	15D16	15D22
Pondasi TP2	Kolom K2 70x70	2,55	1,675	1	0,35x0,35	6	15D16	15D22	9D16	9D22
Pondasi TP3	Kolom K3 65x65	1,75	1,75	0,8	0,3x0,3	4	9D16	9D19	9D16	9D19
Pondasi TP4	Kolom KL 35x35	0,65	0,65	0,7	0,3x0,3	1	5D14	5D16	5D14	5D16

4.3. Perencanaan Kolom

4.3.1. Kolom K1 80 x 80

- Hasil output SAP

$$M_u = 693380100 \text{ Nmm}$$

$$P_u = 2289691,9 \text{ N}$$

$$V_u = 244077 \text{ N}$$

- Menentukan tulangan rencana dan sengkang rencana

Direncanakan dengan tulangan 36D25 dengan luas $A_{st} = 17662,5 \text{ mm}^2$

Direncanakan dengan tulangan sengkang D10 dengan luas A_v sengkang = $78,5 \text{ mm}^2$

- Data-data perencanaan

$$f'_c = 24,9 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,65$$

$$\text{selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1$$

$$\beta = 0,85$$

$$d = h - p - \text{tul. utama} - \frac{1}{2} \text{ sengkang}$$

$$= 800 - 40 - 25 - \frac{1}{2} 10$$

$$= 737,5 \text{ mm}$$

- Menghitung rasio penulangan

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_{st}}{A_g} \\ &= \frac{17662,5}{80 \times 80} \\ &= 0.02759 \end{aligned}$$

- Menghitung A_s tulangan utama

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{A_s \text{ perlu}}{b \times d} \\ A_s \text{ perlu} &= 0.02759 \times 800 \times 737,5 \\ &= 16282,617 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Pilih tulangan

Dicoba dengan tulangan 32D25 dengan luas 16681,25 mm².

$A_s \text{ 32D25} > A_s \text{ perlu} \rightarrow$ tulangan memenuhi

- Periksa P_u terhadap beban pada keadaan seimbang ϕP_{nb}

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times b \times a_b$$

Dimana :

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{600}{600 + f_y} d \\ &= \frac{600}{600 + 410} 737,5 \\ &= 438,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= \beta_1 \times C_b \\ &= 0,85 \times 438,118 \\ &= 372,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$P_{nb} = 0,85 \times f_c' \times b \times a_b$$

$$= 0,85 \times 24,9 \times 800 \times 372,4$$

$$= 6305493,56 \text{ N}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 6305493,56$$

$$= 4098570,82 \text{ N}$$

Syarat : $\phi P_{nb} > P_u$

$$4098570,82 \text{ N} > 2289691,9 \text{ N}$$

Dengan demikian kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

- Pemeriksaan kekuatan penampang

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_s \times f_y}{(d-d') + 0,5} + \frac{b \times h \times f'_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18} \\ &= \frac{16282,617 \times 410}{(737,5 - 63,5) + 0,5} + \frac{800 \times 800 \times 24,9}{\frac{3 \times 800 \times 302,827}{737,5^2} + 1,18} \\ &= 13370648,26 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 13370648,26$$

$$= 8690921,37 \text{ N}$$

Syarat : $\phi P_n > P_u$

$$8690921,37 \text{ N} > 2289691,9 \text{ N}$$

Dengan demikian penampang kolom memenuhi persyaratan.

- Menentukan tulangan sengkang

Menghitung V_n

$$V_n = V_c + V_s$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2289691,9}{14 \times 800 \times 800} \right) 1 \sqrt{24,9} \times 800 \times 737,5 \end{aligned}$$

$$= 628395,73 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{17662,5 \times 410 \times 737,5}{150} \\ &= 158242,917 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 628395,73 \text{ N} + 158242,917 \text{ N} \\ &= 786638,65 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_n =$$

$$\begin{aligned} 0,65 \times 786638,65 \\ = 511315,12 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat : } \phi V_n \geq V_u$$

$$511315,12 \text{ N} > 244077 \text{ N} \rightarrow \text{memenuhi}$$

Jarak antar sengkang (s)

$$s = 100 + \left(\frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$\begin{aligned} hx &= \frac{1}{3} \times \left(b - \left(2 \times \left(p + \frac{Dsengkang}{2} \right) \right) \right) \\ &= \frac{1}{3} \times \left(800 - \left(2 \times \left(40 + \frac{10}{2} \right) \right) \right) \\ &= 236,66 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= 100 + \left(\frac{350 - 236,66}{3} \right) \\ &= 156,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

karena nilai s lebih besar dari 150 mm maka nilai s diambil maksimal yaitu 150 mm.

$$\begin{aligned} A_s &= 0,09 \frac{s \times b \times f'c}{f_{yt}} \\ &= 0,09 \frac{150 \times 800 \times 24,9}{410} \\ &= 655,90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ terpasang} &= 2 \times (\frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2) \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak sengkang diambil sebesar 150 mm

$$A_v \text{ terpasang} = 1046,66 \text{ mm}^2$$

Syarat : $A_v \text{ terpasang} > A_s$

$$1046,66 \text{ mm}^2 > 655,90 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{tulangan sengkang memenuhi}$$

Dengan demikian pada kolom 80x80 digunakan sengkang D10-150.

4.3.2. Rangkuman perhitungan kolom

Tabel 4.27 Rangkuman Kolom yang digunakan untuk Redesain Gedung

Kewirausahaan UNNES

Jenis Kolom	Ukuran (mm)	Luas Tulangan Utama yang Dibutuhkan (mm ²)	Tulangan Utama yang Dipakai	Luas Tulangan Sengkang yang Dibutuhkan (mm ²)	Tulangan Sengkang yang Dipakai
K1	800x800	16282.62	34D25	655.90	D10-150
K2	700x700	9711.27	26D22	573.91	D10-150
K3	650x650	7574.25	20D22	532.92	D10-150
K lift	350x350	2928.45	16D16	355.28	D8-200

4.4. Perencanaan Balok

4.4.1. Balok B1 (35 cm x 55 cm)

Hasil output SAP :

Mu lapangan = 26637.99 Kg.m

Mu tumpuan = 28622.55 Kg.m

Vu maks = 17107.26 Kg

Data-data perencanaan :

$f'c$ = 24,9 MPa

f_y = 410 MPa

b = 350 mm

h = 550 mm

ϕ = 0,8

selimut beton (p) = 40 mm

D tul. utama = 22 mm

D sengkang = 10 mm

d = $h - p - \text{tul. utama} - \frac{1}{2} \text{ sengkang}$

= $550 - 40 - 22 - \frac{1}{2} 10$

= 489 mm

a. Perhitungan tulangan tumpuan

- Menentukan k maksimum dari Tabel A-28 (Istimawan)

k maksimum = $6,5639 \text{ N/mm}^2$

$$= 6563,9 \text{ kN/m}^2$$

- Menghitung M_R maksimum

$$\begin{aligned} M_R \text{ maksimum} &= \phi \times b \times d^2 \times k \\ &= 0,8 \times 350 \times 489^2 \times 6563,9 \\ &= 439,48 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Pengecekan tulangan tunggal atau rangkap

Jika M_R maks < M_u tumpuan, maka digunakan tulangan rangkap, sebaliknya jika M_R maks > M_u tumpuan maka digunakan tulangan tunggal.

M_R maksimum (439,48 kN.m) > M_u tumpuan (286,22 kN.m), maka digunakan tulangan tunggal.

- Menghitung nilai k

$$\begin{aligned} k &= \frac{M_u \text{ tumpuan}}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{286225500}{0,8 \times 350 \times 489^2} \\ &= 4,275 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai ρ , ρ min, ρ max

Dari nilai k diinterpolasikan didapat nilai $\rho = 0,012$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{410} \\ &= 0,00341 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \cdot \left(\frac{\beta_1 \times 0,85 \times f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 24,9}{410} \cdot \frac{600}{600+410} \right)$$

$$= 0,01954$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka digunakan ρ

- Menghitung A_s

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,012 \times 350 \times 490$$

$$= 2064,14 \text{ mm}^2$$

- Menentukan tulangan

$$\text{Tulangan tarik dipilih } 6D22 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} = 50\% A_s$$

$$= 50\% \times 2279,64$$

$$= 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan dipilih } 4D22 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

b. Perhitungan tulangan lapangan

- Menentukan k maksimum dari Tabel A-28 (Istimawan)

$$k_{\text{maksimum}} = 6,5639 \text{ N/mm}^2$$

$$= 6563,9 \text{ kN/m}^2$$

- Menghitung M_R maksimum

$$M_R \text{ maksimum} = \phi \times b \times d^2 \times k$$

$$= 0,8 \times 350 \times 489^2 \times 6563,9$$

$$= 439,48 \text{ kN.m}$$

- Pengecekan tulangan tunggal atau rangkap

Jika M_R maks $<$ M_u lapangan maka digunakan tulangan rangkap, namun sebaliknya jika M_R maks $>$ M_u lapangan maka digunakan tulangan tunggal. M_R maksimum (439,48 kN.m) $>$ M_u lapangan (266,37 kN.m)

Karena M_R maksimum lebih besar dari M_u lapangan, maka digunakan tulangan tunggal.

- Menghitung nilai k

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{M_u \text{ lapangan}}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{266379900}{0,8 \times 350 \times 489^2} \\
 &= 3,9786
 \end{aligned}$$

- Menghitung nilai ρ , ρ min, ρ max

Dari nilai k diinterpolasikan didapat nilai $\rho = 0,0110$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{410} \\
 &= 0,00341
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ maks} &= 0,75 \times \rho_b \\
 &= 0,75 \cdot \left(\frac{\beta_1 \times 0,85 \times f'_c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,75 \cdot \left(\frac{0,85 \times 0,85 \times 24,9}{410} \cdot \frac{600}{600 + 410} \right) \\
 &= 0,01954
 \end{aligned}$$

$\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ maks}$, maka digunakan ρ

- Menghitung A_s

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0111 \times 350 \times 489 \\
 &= 1886,73 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Menentukan tulangan

$$\text{Tulangan tarik dipilih } 6D22 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} = 50\% A_s$$

$$= 50\% \times 2279,64$$

$$= 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan dipilih } 4D22 = 1519,76 \text{ mm}^2$$

- c. Perhitungan tulangan sengkang

$$V_u \text{ maksimal dari SAP} = 171,07 \text{ kN}$$

- Cek kebutuhan sengkang

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{24,9} \times 350 \times 489 \\
 &= 142339,5 \text{ N} \\
 &= 142,3395 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \times 142,3395 \\
 &= 85,403 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pengecekan kebutuhan sengkang

$$\text{Syarat : } V_u \geq \phi V_c$$

171,0726 kN > 85,403 kN → maka diperlukan tulangan sengkang

- Pengecekan penampang

$$\begin{aligned}
 V_s &= V_u - V_c \\
 &= 171,07 \text{ kN} - 142,3395 \text{ kN} \\
 &= 28,73 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ max} &= \phi \times \frac{2}{3} \times \sqrt{f'c} \times b \times d \\
 &= 0,6 \times \frac{2}{3} \times \sqrt{24,9} \times 350 \times 489 \\
 &= 341,61 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Syarat : $V_s < V_s \text{ maks}$

$28,73 \text{ kN} < 341,61 \text{ kN} \rightarrow$ penampang memenuhi

- Menghitung A_s

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{V_s}{f_y} \\
 &= \frac{28733,14}{410} \\
 &= 70,08 \text{ mm}^2 \text{ (untuk 2 sengkang)} \\
 &= 35,04 \text{ mm}^2 \text{ (untuk 1 sengkang)}
 \end{aligned}$$

- Memilih tulangan sengkang

Dipilih tulangan D10 ($A_v = 78,5 \text{ mm}^2$).

- Menentukan jarak tulangan minimal

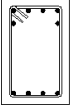
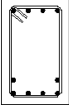
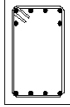
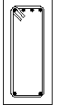
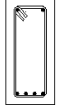
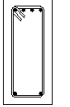
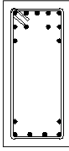
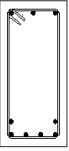
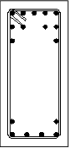
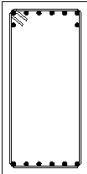
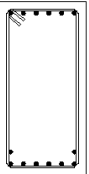
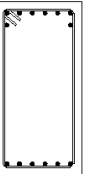
$$\begin{aligned}
 s &= \frac{A_v \times f_{ys} \times d}{V_s} \\
 &= \frac{157 \times 410 \times 489}{28,73} \\
 &= 547,74 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm} \rightarrow \text{Digunakan D10-100}
 \end{aligned}$$

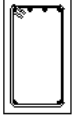
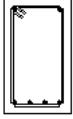
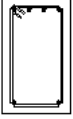
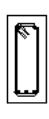
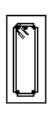
- Menentukan jarak tulangan maksimum






$$s = \frac{3 \times A_v \times f_{ys}}{b}$$

$$= \frac{3 \times 157 \times 410}{400}$$

= 275,871 mm ~ 150 mm → Digunakan D10-150

TIPE BALOK	B1			B2		
	350 x 550			250 x 550		
TULANGAN						
ATAS	6D22	4D22	6D22	4D16	2D16	4D16
BAWAH	4D22	6D22	4D22	2D16	4D16	2D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-200	D10-150
BALOK	B3			B4		
	350 x 750			450 x 900		
TULANGAN						
ATAS	11D22	3D22	11D22	8D22	6D22	8D22
BAWAH	6D22	6D22	6D22	6D22	8D22	6D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-100	D10-150	D10-100

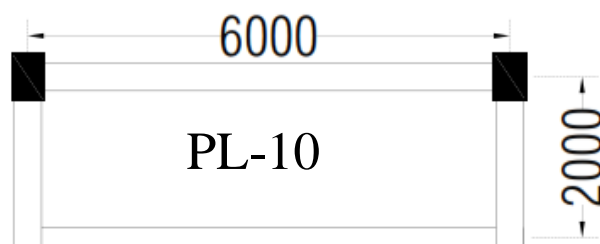
TIPE BALOK	B5			B6		
	350 x 600			200 x 450		
TULANGAN						
ATAS	4D19	2D19	4D19	3D16	2D16	3D16
BAWAH	2D19	4D19	2D19	2D16	3D16	2D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-200	D10-150

BALOK	BK			BL		
	200 x 400			200 x 400		
TULANGAN						
ATAS	3D16	2D16	3D16	3D16	2D16	3D16
BAWAH	2D16	3D16	2D16	2D16	3D16	2D16
SENGKANG	D10-150	D10-200	D10-150	D10-150	D10-200	D10-150

Gambar 4.12 Tipe-Tipe Balok Beserta Penulangannya

4.5. Perencanaan Plat

4.5.1. Plat tebal 10 cm (plat atap)



Gambar 4.13 Plat 10 cm

- Direncanakan plat dengan tebal 10 cm
- Hasil output SAP

$$M_{ux} = 696400 \text{ Nmm}$$

$$M_{uy} = 448400 \text{ Nmm}$$

- Berdasarkan tabel 3.5 ditentukan tebal selimut beton (p) sebesar 20 mm.
- Cek tebal plat

$$h_{\min} = \frac{ln}{36}$$

$$\begin{aligned} h_{\min}(x) &= \frac{6000}{36} \\ &= 166,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\min}(y) &= \frac{2000}{36} \\ &= 55,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetap digunakan tebal plat 10 cm

- Tulangan rencana 10 mm.
- Tinggi efektif dalam arah x dan arah y

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x} \\ &= 100 - 20 - \frac{1}{2} 10 \\ &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - p - \emptyset \text{ tulangan arah x} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y} \\ &= 100 - 20 - 10 - \frac{1}{2} 10 \\ &= 65 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan tulangan arah x

Menghitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\emptyset bd^2}$$

$$= \frac{696400}{0,8 \times 1000 \times 75^2}$$

$$= 0,154 \text{ MPa}$$

Menentukan nilai ρ

Dari tabel A-28 Buku Struktur Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo, karena nilai k terlalu kecil dan tidak ada dalam tabel A-28 (tabel terlampir) maka digunakan nilai ρ_{\min} .

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

$$= \frac{1,4}{410}$$

$$= 0,003415$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$\text{As perlu} = \rho_{\min} \times b \times d_x$$

$$= 0,003415 \times 1000 \times 75$$

$$= 256,09 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan

$$\text{As D10-200} = 392,5 \text{ mm}^2$$

$\text{As D10-200} > \text{As perlu} \rightarrow$ tulangan memenuhi

Digunakan tulangan D10 dengan jarak antar tulangan sebesar 200 mm (D10-200).

- Menentukan tulangan arah y

Menghitung nilai k

$$\begin{aligned}k &= \frac{Mu}{\phi bd^2} \\ &= \frac{448400}{0,8 \times 1000 \times 65^2} \\ &= 0,132 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Menentukan nilai ρ

Dari tabel A-28 Buku Struktur Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo, karena nilai k terlalu kecil dan tidak ada dalam tabel A-28 maka digunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{410} \\ &= 0,003415\end{aligned}$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho_{\min} \times b \times dx \\ &= 0,003415 \times 1000 \times 65 \\ &= 221,95 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Menentukan tulangan

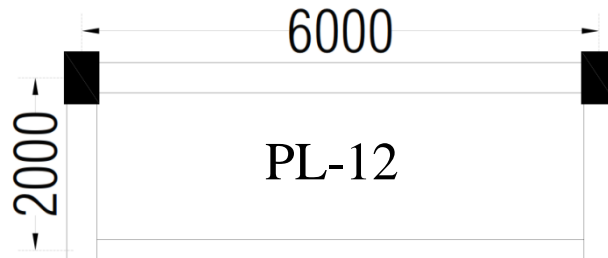
$$\text{As D10-200} = 392,5 \text{ mm}^2$$

As D10-200 > As perlu \rightarrow tulangan memenuhi

Digunakan tulangan D10 dengan jarak antar tulangan sebesar 200 mm (D10-200).

4.5.2. Plat tebal 12 cm

Plat tebal 12 cm-a



Gambar 4.14 Plat 12 cm

- Direncanakan plat dengan tebal 12 cm
- Hasil output SAP
 $M_{ux} = 6100000 \text{ Nmm}$
 $M_{uy} = 4043900 \text{ Nmm}$
- Berdasarkan tabel 3.5 ditentukan tebal selimut beton (p) sebesar 20 mm.

- Cek tebal plat

$$h \text{ min} = \frac{ln}{36}$$

$$\begin{aligned} h \text{ min (x)} &= \frac{6000}{36} \\ &= 166,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h \text{ min (y)} &= \frac{2000}{36} \\ &= 55,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

tetap digunakan tebal plat 12 cm

- Tulangan rencana 10 mm.

- Tinggi efektif dalam arah x dan arah y

$$\begin{aligned} dx &= h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x} \\ &= 120 - 20 - \frac{1}{2} 10 \\ &= 95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - p - \emptyset \text{ tulangan arah x} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y} \\ &= 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} 10 \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan tulangan arah x

Menghitung nilai k

$$\begin{aligned} k &= \frac{Mu}{\emptyset bd^2} \\ &= \frac{6100000}{0,8 \times 1000 \times 75^2} \\ &= 0,844 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Menentukan nilai ρ

Dari tabel A-28 Buku Struktur Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo, karena nilai k terlalu kecil dan tidak ada dalam tabel A-28 maka digunakan nilai ρ_{\min} .

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{410} \\ &= 0,003415 \end{aligned}$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\min} \times b \times dx$$

$$= 0,003415 \times 1000 \times 75$$

$$= 324,39 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan

$$A_s \text{ D10-150} = 523,33 \text{ mm}^2$$

$A_s \text{ D10-150} > A_s \text{ perlu} \rightarrow$ tulangan memenuhi

Digunakan tulangan D10 dengan jarak antar tulangan sebesar 150 mm (D10-150).

- Menentukan tulangan arah y

Menghitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{4043900}{0,8 \times 1000 \times 65^2}$$

$$= 0,699 \text{ MPa}$$

Menentukan nilai ρ

Dari tabel A-28 Buku Struktur Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo, karena nilai k terlalu kecil dan tidak ada dalam tabel A-28 maka digunakan nilai ρ_{\min} .

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

$$= \frac{1,4}{410}$$

$$= 0,003415$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\min} \times b \times d_x$$

$$= 0,003415 \times 1000 \times 65$$

$$= 290,24 \text{ mm}^2$$

Menentukan tulangan




$$\text{As D10-150} = 523,33 \text{ mm}^2$$

As D10-150 > As perlu → tulangan memenuhi

Digunakan tulangan D10 dengan jarak antar tulangan sebesar 150 mm (D10-150).

4.6. Perhitungan Tulangan Sengkang Joint Kolom dan Balok

Data – data perencanaan :

BALOK	B4		
	450 x 900		
TULANGAN			
ATAS	8D22	6D22	8D22
BAWAH	6D22	8D22	6D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100

Gambar 4.15 Spesifikasi Balok

Tabel 4.28 Spesifikasi Kolom

Nama	K1		
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan

Dimensi	800 x 800		
Tul. Utama	34D25		
Sengkang	D10-100	D10-100	D10-100

$$f'c = 24,9 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,8$$

$$\text{selimut beton (p)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d \text{ balok} &= h - p \\ &= 900 - 40 \\ &= 860 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d \text{ kolom} &= h - p \\ &= 800 - 40 \\ &= 760 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} hc &= h - 2 \times \left(p + \frac{d \text{ kolom}}{2} \right) \\ &= 800 - 2 \times \left(40 + \frac{760}{2} \right) \\ &= 695 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tul. atas balok} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \times 8 \\ &= 3039,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As tul. bawah balok} &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 \times 6 \\ &= 2279,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

a. Menghitung M_{pr}^-

$$\begin{aligned}
T1 &= 1,25 \times \text{As tul. atas balok} \times f_y \\
&= 1,25 \times 3039,52 \times 410 \\
&= 1557754 \text{ N} = 1557,754 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{T1}{0,85 \times f'c \times b_{balok}} \\
&= \frac{1557754}{0,85 \times 24,9 \times 450} \\
&= 163,55 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr}^- &= T1 \left(d_{balok} - \frac{a}{2} \right) \\
&= 1557754 \left(860 - \frac{163,55}{2} \right) \\
&= 1212277961,8 \text{ N.mm} = 1212,277 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

b. Menghitung M_{pr}^+

$$\begin{aligned}
T2 &= 1,25 \times \text{As tul. bawah balok} \times f_y \\
&= 1,25 \times 2279,64 \times 410 \\
&= 1168315,5 \text{ N} = 1168,315 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
a &= \frac{T2}{0,85 \times f'c \times b_{balok}} \\
&= \frac{1168315,5}{0,85 \times 24,9 \times 450} \\
&= 122,66 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr}^+ &= T2 \left(d_{balok} - \frac{a}{2} \right) \\
&= 1168315,5 \left(860 - \frac{122,66}{2} \right) \\
&= 933094185,9 \text{ N.mm} = 933,094 \text{ kN.m}
\end{aligned}$$

c. Menghitung gaya geser pada kolom (V kolom)

$$\begin{aligned}
 V \text{ kolom} &= \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{\frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2}} \\
 &= \frac{933,094 + 1212,277}{\frac{4}{2} + \frac{4}{2}} \\
 &= 476,749 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

d. Menghitung gaya geser terfaktor

$$\begin{aligned}
 V_u &= T_1 + T_2 - V \text{ kolom} \\
 &= 1557,754 + 1168,315 - 476,749 \\
 &= 2249,32 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

e. Menghitung kuat geser nominal hubungan balok kolom (V_n) dan ϕV_n

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1,7\sqrt{f'_c} \times A \text{ kolom} \\
 &= 1,7\sqrt{24,9} \times (800 \times 800) \\
 &= 5429109,09 \text{ N} = 5429,109 \text{ kN} \\
 \phi V_n &= 0,8 \times 5429,109 \\
 &= 4343,287 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

f. Cek $\phi V_n > V_u$

$$4343,287 \text{ kN} > 2249,32 \text{ kN} \rightarrow \text{memenuhi}$$

g. Menghitung luas tulangan *confinement* (A_{sh}) kolom pada joint balok

kolom

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= 0,009 \times s \times hc \times \frac{f'_c}{f_y} \\
 \frac{A_{sh}}{s} &= 0,009 \times 695 \times \frac{24,9}{410} \\
 &= 3,798 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$A_{sh} = 0,3 \times s \times hc \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'c}{f_y}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh}}{s} &= 0,3 \times 695 \times \left(\frac{800 \times 800}{695 \times 695} - 1 \right) \times \frac{24,9}{410} \\ &= 4,1151 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan $\frac{A_{sh}}{s}$ maksimum yaitu 4,1141 mm²/mm

h. Menentukan jarak antar tulangan

$$\begin{aligned} S1 &= 0,25h \text{ kolom} \\ &= 0,25 \times 800 \\ &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S2 &= 6D \text{ tul. balok} \\ &= 6 \times 22 \\ &= 132 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S3 &= 100 + \frac{350 - \frac{1}{3}hc}{3} \\ &= 100 + \frac{350 - \frac{1}{3} \times 695}{3} \\ &= 139,44 \text{ mm} \end{aligned}$$

S3 tidak boleh kurang dari 100 mm dan tidak boleh lebih dari 150 mm.

Dgunakan S minimum yaitu 100 m

i. Menentukan jumlah tulangan sengkang joint balok kolom

$$\begin{aligned} \sum D10 &= \frac{A_{sh}}{A_{d10}} \\ &= \frac{4,1141}{0,25 \times 3,14 \times 10^2} \\ &= 5,2421 \sim 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas digunakan tulangan *confinement* kolom pada joint balok kolom yaitu 6D10-100.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

5.1.1. Dalam merencanakan ulang struktur Gedung Kewirausahaan UNNES ini digunakan SNI Peraturan beton tahun 2013, SNI Peraturan pembebanan tahun 2013, PPURG tahun 1987, dan SNI Gempa tahun 2012.

5.1.2. Dalam perencanaan ulang struktur Gedung Kewirausahaan UNNES fungsi gedung tidak berubah yaitu berfungsi untuk sarana pendidikan.

5.1.3. Pondasi yang digunakan sebelumnya adalah pondasi *bored pile*, sedangkan setelah direncanakan ulang dengan penambahan lantai digunakan pondasi tiang pancang. Berikut hasil perhitungan dan penulangan pondasi tiang pancang :







Tabel 5.1 Pondasi untuk Perencanaan Ulang Gedung Kewirausahaan UNNES

Jenis Pondasi	Untuk Kolom	Panjang Pile Cap (m)	Lebar Pile (m)	Tebal Pile Cap (m)	Ukuran Tiang (m)	Jumlah Tiang (buah)	Tulangan Arah x		Tulangan Arah y	
							Tul. Atas	Tul. Bawah	Tul. Atas	Tul. Bawah
Pondasi TP1	Kolom K1 80x80	2,55	2,55	1	0,35x0,35	8	15D16	15D22	15D16	15D22
Pondasi TP2	Kolom K2 70x70	2,55	1,675	1	0,35x0,35	6	15D16	15D22	9D16	9D22
Pondasi TP3	Kolom K3 65x65	1,75	1,75	0,8	0,3x0,3	4	9D16	9D19	9D16	9D19
Pondasi TP4	Kolom KL 35x35	0,65	0,65	0,7	0,3x0,3	1	5D14	5D16	5D14	5D16





(Pondasi menggunakan mutu besi dengan $f_y = 410$ MPa, dan mutu beton K-500)

5.1.4. Terdapat perbedaan dimensi dan penulangan kolom sebelum direncanakan ulang dengan yang telah direncanakan ulang. Berikut dimensi dan penulangan kolom sebelum dan sesudah di direncanakan ulang :

Tabel 5.2 Dimensi Dan Penulangan Kolom Sebelum Direncanakan Ulang

KOLOM	K1	K2	K3	K4	K5	KL
						
DIMENSI	750 x 750	400 x 600	200 x 600	200 x 600	600 x 600	300 x 150
TULANGAN UTAMA	24D22	16D22	12D22	14D22	22D22	8D16
SENGKANG	ATAS	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100	D10-150
	TENGAH	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150	D10-200
	BAWAH	D10-100	D10-100	D10-100	D10-100	D10-150

Tabel 5.3 Dimensi Dan Penulangan Kolom Setelah Direncanakan Ulang

TYPE KOLOM				
	K1	K2	K3	KL
				
DIMENSI	800 x 800	700 x 700	650 x 650	350 x 350
TULANGAN UTAMA	34D25	26D22	20D22	16D16
SENGKANG	TUMPUAN	D10-150	D10-150	D8-200
	LAPANGAN	D10-150	D10-150	D8-200
	TUMPUAN	D10-150	D10-150	D8-200

(Kolom menggunakan mutu besi dengan $f_y = 410$ MPa, dan mutu beton K-300)

5.1.5. Terdapat perbedaan dimensi dan penulangan balok sebelum direncanakan ulang dengan yang telah direncanakan ulang. Berikut dimensi dan penulangan balok sebelum dan sesudah di redesain :

Tabel 5.4 Dimensi Dan Penulangan Balok Sebelum Direncanakan Ulang

	B1			B2			B3			B4		
	350 x 500			350 x 500			250 x 450			250 x 450		
BALOK												
TOP	6D19	2D19	6D19	7D19	3D19	7D19	4D19	2D19	4D19	5D19	3D19	4D19
BOTTOM	3D19	2D19	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	3D19	2D19	3D19	3D19	3D19
STIRRUPS	D10-150	D10-200	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-200	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100
	B5			B6			B7			B8		
	250 x 550			250 x 550			200 x 450			450 x 900		
BALOK												
TOP	2D19	2D19	2D19	6D19	2D19	6D19	2D19	2D19	2D19	12D25	3D25	12D25
BOTTOM	3D19	5D19	3D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19	6D25	9D25	6D25
STIRRUPS	D10-75	D10-75	D10-75	D10-150	D10-200	D10-150	D10-150	D10-200	D10-150	D10-50	D10-75	D10-50
	B9			B10			B11			B12		
	200 x 600			350 x 600			350 x 700			350 x 600		
BALOK												
TOP	2D19	2D19	2D19	6D19	4D19	3D19	14D19	4D19	14D19	8D19	3D19	12D19
BOTTOM	3D19	3D19	3D19	3D19	2D19	3D19	7D19	8D19	7D19	4D19	7D19	6D19
STIRRUPS	D10-250	D10-250	D10-250	D10-75	D10-75	D10-75	D10-50	D10-100	D10-50	D10-75	D10-100	D10-75

Tabel 5.5 Dimensi Dan Penulangan Balok Setelah Direncanakan Ulang

TIPE BALOK	B1			B2			B3			B4		
	350 x 550			250 x 550			350 x 750			450 x 900		
TULANGAN												
ATAS	6D22	4D22	6D22	4D16	2D16	4D16	11D22	3D22	11D22	8D22	6D22	8D22
BAWAH	4D22	6D22	4D22	2D16	4D16	2D16	6D22	6D22	6D22	6D22	8D22	6D22
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-200	D10-150	D10-100	D10-150	D10-100	D10-100	D10-150	D10-100
TIPE BALOK	B5			B6			BK			BL		
	350 x 600			200 x 450			200 x 400			200 x 400		
TULANGAN												
ATAS	4D19	2D19	4D19	3D16	2D16	3D16	3D16	2D16	3D16	3D16	2D16	3D16
BAWAH	2D19	4D19	2D19	2D16	3D16	2D16	2D16	3D16	2D16	2D16	3D16	2D16
SENGKANG	D10-100	D10-150	D10-100	D10-150	D10-200	D10-150	D10-150	D10-200	D10-150	D10-150	D10-200	D10-150

(Balok menggunakan mutu besi dengan $f_y = 410$ MPa, dan mutu beton K-300)

5.1.6. Terdapat perbedaan jenis plat sebelum direncanakan ulang dengan yang telah direncanakan ulang. Berikut perbedaannya :

a. Sebelum direncanakan ulang hanya ada satu jenis plat yaitu plat dengan tebal 12 cm yang digunakan untuk plat lantai 2 hingga lantai 4.

Untuk penulangannya, tulangan arah x digunakan tulangan D10-150, dan tulangan arah y juga digunakan tulangan D10-150.

b. Setelah dirancang ulang ada dua jenis plat yaitu plat dengan tebal 12 cm dan plat dengan tebal 10 cm. Berikut rinciannya :

1) Plat dengan tebal 10 cm digunakan untuk plat lantai atap, tulangan arah x digunakan tulangan D10-200, dan tulangan arah y juga digunakan tulangan D10-200.

2) Plat dengan tebal 12 cm digunakan untuk plat lantai 2 hingga lantai 10, tulangan arah x digunakan tulangan D10-150, dan tulangan arah y juga digunakan tulangan D10-150.

Plat menggunakan mutu besi dengan $f_y = 410$ MPa, dan mutu beton K-300.

5.1.7. Untuk struktur tahan gempa pada join kolom balok harus tetap dipasang sengkang dengan tulangan 6D10-100.

5.1.8. Dikarenakan adanya penambahan lantai, terjadi penambahan presentase penggunaan besi yaitu sebagai berikut :

a. Struktur kolom = 320,52%

b. Struktur balok = 232,21%

c. Struktur plat = 286,86%

Penambahan presentase penggunaan beton yaitu sebagai berikut :

a. Struktur kolom = 150,03%

b. Struktur balok = 197,13%

c. Struktur plat = 212,23%

5.1.9. Semua struktur baik pondasi, kolom, balok, dan plat mampu menahan semua beban dalam gedung tersebut.

5.2. Saran

5.2.1. Pembangunan sebuah gedung harus mengikuti peraturan – peraturan perencanaan struktur, sehingga dapat tercipta struktur bangunan yang kuat, stabil serta layak pakai dan nyaman.

5.2.2. Pembangunan sebuah gedung harus memperhatikan letak wilayah gempa bangunan tersebut, sehingga dapat meminimalisir pengaruh beban gempa demi terciptanya struktur bangunan yang kuat, stabil dan nyaman.

5.2.3. Penggunaan tiang pancang disesuaikan dengan kondisi tanah yang ada.

Daftar Pustaka

- Andiyarto, Hanggoro. T. C. & Chusnul C. 2015. *Short course Aplikasi SNI Terbaru untuk Mahasiswa Tugas Akhir*. Semarang: Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847,2013*. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional,2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012*. Jakarta : Standar Nasional Indonesia.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.
- Dipohusodo, Istimawan, 1994. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Indarto, Imawan. 2005. *Buku Ajar Mekanika Getaran dan Rekayasa Gempa*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Margunani. 2015. Kewirausahaan di Perguruan Tinggi Menyiapkan Entrepreneur Unggul. *Jurnal Kewirausahaan* 13(1):72.
- Muchlisin. 2013. Redesain Struktur Pembangunan Gedung Pendidikan Teknologi Informasi Dan

Komunikasi Universitas Negeri Semarang. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Pratama, Fajri, dkk. 2014. *Evaluasi Kinerja Struktur Gedung 10 Lantai Dengan Analisis Time History Pada Tinjauan Drift Dan Displacement Menggunakan Software Etabs*. Jurusan Teknik Sipil: 377-378.

Schodek, Daniel L. 1999. *Struktur Edisi kedua*, Erlangga, Jakarta.

Siswoyo, B. B. 2009. Pengembangan Jiwa Kewirausahaan di Kalangan Dosen dan Mahasiswa. *Jurnal Ekonomi Bisnis* 14(2): 114.

Wartadinata, P.W. dan Fathoni A.W. 2007. Perencanaan Pembangunan Gedung Stikes Yayasan Tlogorejo Semarang. *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.