

**DISAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN
BERTINGKAT DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA
PEMIKUL MOMEN BIASA (SRPMB)**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2017**

**DISAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN
BERTINGKAT DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA
PEMIKUL MOMEN BIASA (SRPMB)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata-1
pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Andalas*

Oleh:

SHINTA LESTARI
1310921018

Pembimbing:
Dr. RUDDY KURNIAWAN



**JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2017**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS

DISAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN BERTINGKAT
DENGAN SISTEM STRUKTUR RANGKA PEMIKUL MOMEN
BIASA (SRPMB)



Oleh:

Nama : SHINTA LESTARI
BP : 1310921018

Pembimbing Utama

Dr. RUDDY KURNIAWAN

Padang, 18 Juli 2017
Ketua Jurusan

TAUFIKA OPHIYANDRI, Ph.D
19750104 199802 1001

**LEMBAR BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

Pada hari ini, Selasa 18 Juli 2017 telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir untuk mahasiswa:

Nama : SHINTA LESTARI
BP : 1310921018
Judul : DISAIN ELEMEN STRUKTUR BANGUNAN
BERTINGKAT DENGAN SISTEM STRUKTUR
RANGKA PEMIKUL MOMEN BIASA (SRPMB)

Tim Penguji:

Ketua : RIZA ARYANTI, MT



Anggota : M. AMINSYAH, MT



Dr. RUDDY KURNIAWAN



ABSTRAK

Kota Selat Panjang (Riau) terletak didaerah gempa rendah. Untuk membangun gedung di daerah ini harus menggunakan sistem disain struktur rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dengan struktur bangunan beton bertulang. Tugas akhir ini bertujuan bertujuan untuk mendisain gedung 6 lantai dengan SRPMB yang berlokasi di Kota Selat Panjang (Riau). Bagian yang akan didisain meliputi elemen struktur balok, kolom dan pelat lantai. Pendisainan ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku saat ini. Beban yang bekerja pada struktur mengacu pada SNI 1727:2013 dan PPIUG 1983, sedangkan untuk pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012. Untuk persyaratan detailing struktur bangunan beton bertulang mengacu pada SNI 2847:2013

Proses analisis struktur menggunakan Software Etabs v9.7.1 yang berbasis metoda elemen hingga. Disain elemen struktur menggunakan konsep disain kapasita, dimana keruntuhan kolom harus dijamin tidak terjadi sebelum keruntuhan balok agar struktur tidak mengalami keruntuhan secara tiba-tiba.

Hasil yang didapat dari disain sistem struktur rangka pemikul momen biasa (SRPMB) ini akan dibandingkan dengan hasil disain gedung yang sama dengan sistem struktur rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan sistem struktur rangka pemikul momen kuat (SRPMK) yang didisain penulis lain secara bersamaan. Variabel yang akan dibandingkan adalah rancangan anggaran biaya (RAB) dan volume struktur gedung dalam bentuk rasio total berat tulangan dan volume beton.

Kata kunci : *disain gedung, struktur beton bertulang, SRPMB, beban gempa*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang selalu senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir yang berjudul “Disain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)” ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis untuk penyelesaian Program S1 Teknik Sipil Universitas Andalas.

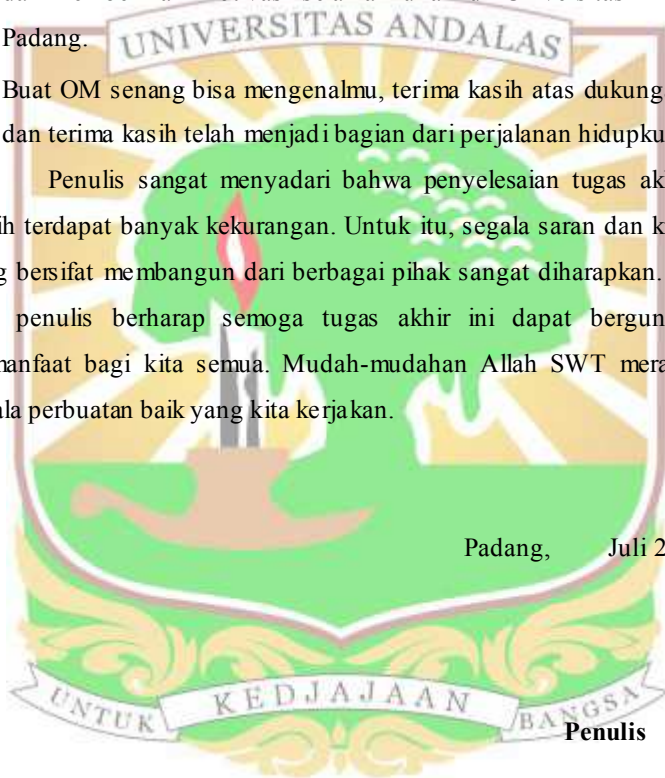
Selama penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak secara moril maupun materil. Sehingga pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan semangat dan dorongan hingga penulis dapat menja lankan segala sesuatunya.
2. Bapak Dr. Rudy Kurniawan selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, pembelajaran yang tela diberikan
3. Seluruh dosen, staf pengajar dan karyawan/karyawati serta rekan-rekan seperjuangan yang telah membantu.
4. Abangku Tommy Putra Pratama dan kakakku Yesiska yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis
5. Keponakanku tersayang Muhammad Haafizh Alraska dan Muhammad Ibrahim Alraska yang telah menjadi penghilang rasa letih dengan tingkah laku dan candaan mereka.

6. Sahabatku COLVENT (Aidi Yani Fitri, Annisa Shalehah, Ubeid Rafiqah, Ahlaini Ulyah dan Ummul Saaddah) yang selalu memberikan semangat dan do'a meskipun jarak memisahkan kita
7. Sahabat-sahabatku di jurusan Teknik Sipil yang telah membantu dan memberikan motivasi selama kuliah di Universitas Andalas, Padang.
8. Buat OM senang bisa mengenalmu, terima kasih atas dukungannya dan terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidupku.

Penulis sangat menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, segala saran dan kritikan yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Mudah-mudahan Allah SWT merahmati segala perbuatan baik yang kita kerjakan.

Padang, Juli 2017



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Prinsip Dasar Teori Perencanaan.....	5
2.2 Klasifikasi Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen...	6
2.3 Struktur Beton Bertulang.....	8
2.3.1 Kolom.....	9
2.3.1.1 Kuat Geser Nominal (V_n).....	9
2.3.2 Balok.....	10
2.3.2.1 Balok-T.....	11
2.3.2.2 Kuat Geser Nominal (V_n).....	11
2.3.3 Pelat Lantai.....	12
2.4 Konsep Desain Kapasitas Terhadap Beban Gempa.....	13

2.5 Daktilitas.....	15
2.6 Analisa Pembebanan.....	16
2.7 Wilayah Gempa di Indonesia.....	24
2.8 Respon Struktur.....	25
2.9 Penulangan Pada Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.....	26
2.9.1 Persyaratan Penulangan Dengan SRPMB Menurut SNI Beton 2847:2013.....	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Perencanaan Struktur Beton Bertulang.....	28
3.2. Diagram Alir Perencanaan Struktur Beton Bertulang.....	30
3.3. Data Bangunan.....	31
3.4. Model Geometri Bangunan.....	31
3.4.1 Layout Bangunan.....	31
3.4.2 Geometri Bangunan.....	32
3.5. Spesifikasi Material.....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jenis Struktur.....	37
4.2 Preliminary Design.....	38
4.2.1 Balok.....	38
4.2.2 Pelat.....	39
4.2.3 Kolom.....	41
4.3 Permodelan Struktur.....	41
4.4 Pembebanan.....	44
4.4.1 Beban Mati.....	44

4.4.2	Beban Hidup.....	46
4.4.3	Beban Gempa.....	48
4.4.4	Kombinasi Pembebanan.....	52
4.5	Analisis Struktur.....	53
4.5.1	Simpangan Antar Lantai.....	55
4.5.2	Gaya Dalam Struktur.....	56
4.5.2.1	Balok.....	56
4.5.2.2	Kolom.....	59
4.5.2.3	Reaksi Perletakan.....	64
4.6	Perencanaan Tulangan.....	61
4.6.1	Balok.....	61
4.6.2	Kolom.....	64
4.6.3	Pelat Lantai.....	70
4.7	Rencana Anggaran Biaya (RAB) Struktur.....	73
4.8	Volume Beton dan Baja Tulangan.....	74

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Umur Layanan Rencana.....	6
Tabel 2.2	Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung.....	10
Tabel 2.3	Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior.....	13
Tabel 2.4	Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Non-Gedung Untuk Beban Gempa.....	18
Tabel 2.5	Faktor Keutamaan Gempa.....	19
Tabel 2.6	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek.....	20
Tabel 2.7	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik.....	20
Tabel 2.8	Klasifikasi Situs.....	20
Tabel 2.9	Nilai Parameter Perioda Pendekatan.....	23
Tabel 2.10	Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung.....	24
Tabel 4.1	Beban Mati Yang Bekerja Pada Struktur Bangunan.....	45
Tabel 4.2	Beban Hidup Yang Bekerja Pada Struktur Bangunan.....	47
Tabel 4.3	Data Respon Spektrum.....	50
Tabel 4.4	Simpangan antar lantai arah X.....	56
Tabel 4.5	Simpangan antar lantai arah Y.....	56
Tabel 4.6	Rekap Gaya Dalam Momen Balok Utama.....	59
Tabel 4.7	Rekap Gaya Dalam Momen Balok Anak.....	59
Tabel 4.8	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 1 dan 2 Eksterior.....	59
Tabel 4.9	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 1 dan 2 Interior.....	60
Tabel 4.10	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 3 dan 4 Eksterior.....	60
Tabel 4.11	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 3 dan 4 Interior.....	60
Tabel 4.12	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 5 dan 6 Eksterior.....	60
Tabel 4.13	Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 5 dan 6 Interior.....	60

Tabel 4.14	Rekap Reaksi Perletakan.....	61
Tabel 4.15	Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa.....	73
Tabel 4.16	Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.....	73
Tabel 4.17	Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	74
Tabel 4.18	Perbandingan Perhitungan Rasio Tulangan Terhadap Volume Beton Struktur Gedung Dari Ketiga Sistem Struktur.....	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme Keruntuhan Suatu Struktur Gedung.....	14
Gambar 2.2	Spektrum Respons Desain.....	21
Gambar 2.3	Peta Wilayah Gempa Menurut SNI 1726-2012 Berdasarkan Parameter S	24
Gambar 2.4	Peta Wilayah Gempa Menurut SNI 1726-2012 Berdasarkan Parameter S_I	25
Gambar 2.5	Gambar Tampak.....	27
Gambar 2.6	Gambar Penampang.....	27
Gambar 3.1	Layout Bangunan.....	31
Gambar 3.2	Geometri Bangunan.....	32
Gambar 3.3	Layout Fungsi Ruang Lantai 1.....	33
Gambar 3.4	Layout Fungsi Ruang Lantai 2.....	33
Gambar 3.5	Layout Fungsi Ruang Lantai 3.....	34
Gambar 3.6	Layout Fungsi Ruang Lantai 4.....	34
Gambar 3.7	Layout Fungsi Ruang Lantai 5.....	35
Gambar 3.8	Layout Fungsi Ruang Lantai 6.....	35
Gambar 4.1	Grafik Respons Spektrum Tanah Lunak.....	37
Gambar 4.2	Balok Tengah.....	40
Gambar 4.3	Balok Tepi.....	40
Gambar 4.4	Metoda Pembebanan Pada Kolom.....	41
Gambar 4.5	Input Data Mutu Material.....	42
Gambar 4.6	Input Dimensi Balok.....	42
Gambar 4.7	Input Dimensi Kolom.....	43
Gambar 4.8	Input Dimensi Pelat Lantai	43
Gambar 4.9	Permodelan Struktur Gedung 6 Lantai.....	44

Gambar 4.10	Input Beban Mati Pada Struktur Gedung.....	46
Gambar 4.11	Input Beban Hidup Pada Struktur Gedung.....	48
Gambar 4.12	Grafik Respons Spektrum Tanah Lunak.....	49
Gambar 4.13	Input Beban Gempa Respon Spektrum di ETABS 9.7.1.....	51
Gambar 4.14	Input Kombinasi Pembebanan di ETABS 9.7.1.....	52
Gambar 4.15	Permodelan Gedung Setelah di Run di ETABS 9.7.1.....	53
Gambar 4.16	Momen Struktur.....	53
Gambar 4.17	Gaya Geser Struktur.....	54
Gambar 4.18	Gaya Aksial Struktur.....	54
Gambar 4.19	Rekap Gaya Dalam Momen Pada Masing-masing Kombinasi Balok Utama.....	57
Gambar 4.20	Rekap Gaya Dalam Momen Pada Masing-masing Kombinasi Balok Anak.....	57
Gambar 4.21	Gaya Dalam Momen Terluar Pada Balok Utama.....	58
Gambar 4.22	Gaya Dalam Momen Terluar Pada Balok Anak.....	58
Gambar 4.23	Tulangan Balok Utama 400 X 250.....	63
Gambar 4.24	Tulangan Balok Anak 250 X 150.....	63
Gambar 4.25	Gambar Zonasi Penulangan Geser Kolom dan Balok.....	65
Gambar 4.26	Diagram Interaksi P vs M Kolom 550 X 550.....	65
Gambar 4.27	Diagram Interaksi P vs M Kolom 550 X 550.....	66
Gambar 4.28	Tulangan Kolom 550 X 550.....	66
Gambar 4.29	Diagram Interaksi P vs M Kolom 450 X 450.....	67
Gambar 4.30	Diagram Interaksi P vs M Kolom 450 X 450.....	67
Gambar 4.31	Tulangan Kolom 450 X 450.....	68
Gambar 4.32	Diagram Interaksi P vs M Kolom 400 X 400.....	68
Gambar 4.33	Diagram Interaksi P vs M Kolom 400 X 400.....	69
Gambar 4.34	Tulangan Kolom 400 X 400.....	69
Gambar 4.35	Penulangan Pelat Lantai.....	72
Gambar 4.36	Detail Penulangan Pelat Lantai.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	14
Lampiran 2	21
Lampiran 3	21



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki tingkat risiko seismik atau kategori desain seismik yang dibedakan menjadi tiga bagian yaitu risiko seismik rendah untuk KDS* A,B, dan risiko seismik menengah untuk KDS C, sedangkan risiko seismik tinggi untuk KDS D,E,F. Kategori desain seismik ditentukan oleh kategori resiko struktur yang ditinjau (I-IV) dan nilai parameter gempa dari situs dimana struktur atau bangunan tersebut akan dibangun (S_{DS} dan S_{DI}). Kategori desain seismik ini akan menentukan tipe struktur apa yang dapat digunakan yang nantinya berpengaruh pada nilai R (Koefisien Modifikasi Respon) dan pendetailan dari desain struktur tersebut.

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil dari pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya seperti kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, kegiatan khusus maupun untuk tempat tinggal.

Perencanaan suatu struktur gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan, perilaku yang baik pada taraf gempa rencana, serta aspek ekonomis. Merencanakan bangunan bertingkat banyak dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang terutama gedung itu dirancang tahan terhadap gempa. Hal ini bertujuan agar pada saat

terjadi gempa, struktur bangunan dapat bertahan dan melindungi penghuninya dari risiko bahaya gempa.

Pada Tugas Akhir ini, akan di disain sebuah bangunan perkantoran yang terletak di Kota Selat Panjang, dimana Kota Selat Panjang termasuk kedalam kategori desain seismik (KDS B) yang memiliki risiko seismik rendah. Untuk membangun gedung bertingkat didaerah ini tidak perlu memperhatikan konsep *strong columb weak beam*, karena berada di daerah gempa rendah. Oleh karena itu bangunan gedung tersebut direncanakan berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) agar tidak terjadi pemborosan pada saat mendisain. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa adalah sistem yang direncanakan untuk memiliki daktilitas yang paling rendah (sekitar 2.7) di antara Sistem Rangka Pemikul Momen yang lain. Ketika terjadi gempa rencana, SRPMB diharapkan mengalami deformasi inelastis secara terbatas pada komponen struktur dan sambungan-sambungannya.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan penyusunan tugas akhir yang akan dicapai yaitu :

- a) Merencanakan struktur bangunan gedung khususnya beton bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) meliputi balok, kolom dan pelat lantai.
- b) Menentukan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur, volume material beton dan baja tulangan pada sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dan membandingkan dengan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan

sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang direncanakan secara bersamaan oleh penulis lain.

Adapun manfaat dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

- a) Menjadi referensi dalam mendisain struktur gedung lainnya dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).
- b) Dapat memahami proses perhitungan gedung dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).

1.3 Batasan Masalah

Agar penyusunan tugas akhir ini dapat terfokuskan, maka dilakukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penyusunan Tugas Akhir ini sebagai berikut:

- a) Fungsi Bangunan Gedung Perkantoran
- b) Beban-beban yang diperhitungkan meliputi :
 - Beban mati (*dead load*)
 - Beban mati tambahan (*super imposed dead load*)
 - Beban hidup (*live load*)
 - Beban gempa (*earthquake load*) berupa respon spektrum untuk Kota Selat Panjang (Riau).
- c) Analisis pembebanan dan gaya dalam dilakukan dengan tiga dimensi menggunakan *software* ETABS 9.7.1
- d) Penyusunan Tugas Akhir ini berpedoman pada Peraturan-Peraturan sebagai berikut:
 - SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

- SNI 03-1729-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.
- SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Gedung dan Struktur Lain
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983)

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk sistematika penulisan tugas akhir ini, dikelompokkan menjadi lima bab, yaitu:

- Bab I Pendahuluan, terdiri dari latar belakang, tujuan dan manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan
- Bab II Landasan Teori, yang membahas tentang uraian dasar teori (khusus), langkah perhitungan dan rumus-rumus yang digunakan sebagai pedoman dalam proses perancangan
- Bab III Metodologi Penelitian, terdiri dari langkah-langkah dalam proses perencanaan struktur beton bertulang
- Bab IV Hasil dan Pembahasan, yang berisi perhitungan-perhitungan yang dilakukan pada proses perancangan, serta analisis proses perancangan tersebut
- Bab V Penutup, yang terdiri dari kesimpulan dan saran dari penulis

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Dasar Teori Perencanaan

Kaidah-kaidah perencanaan struktur bangunan tahan gempa belum sepenuhnya diterapkan, khususnya pada pelaksanaan struktur bangunan beton bertulang. Hal ini terlihat dari berbagai kerusakan yang terjadi pada struktur bangunan beton bertulang akibat gempa-gempa yang terjadi akhir-akhir ini di Indonesia (Iswandi Imran & Fajar Hendrik, 2014:120).

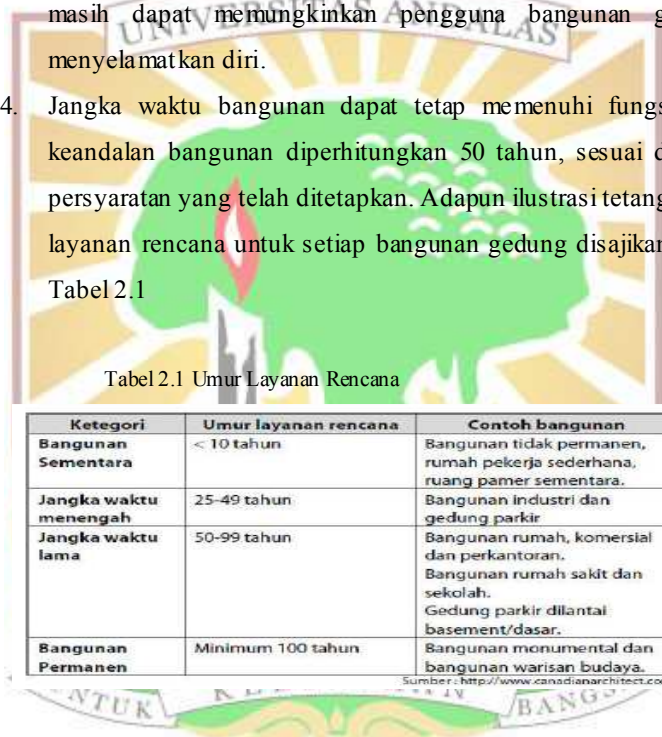
Kerusakan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut :

1. Sistem bangunan yang digunakan tidak sesuai dengan tingkat kerawanan daerah setempat terhadap gempa.
2. Rancangan struktur dan detail penulangan yang kurang memadai.
3. Pengawasan dan kontrol pelaksanaan pembangunan kurang memadai.

Agar hal yang sama tidak terjadi lagi, maka perlu diperhatikan prinsip-prinsip dasar dalam perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan struktur bangunan beton bertulang tahan gempa yaitu sebagai berikut :

1. Semua unsur struktur bangunan gedung, baik bagian dari sub struktur maupun struktur gedung, harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa rencana sesuai dengan zona gempanya.

2. Material beton yang digunakan harus memenuhi persyaratan material konstruksi untuk struktur bangunan tahan gempa.
3. Struktur bangunan gedung harus direncanakan secara daktail sehingga pada kondisi pembebanan maksimum yang direncanakan, apabila terjadi keruntuhan kondisi strukturnya masih dapat memungkinkan pengguna bangunan gedung menyelamatkan diri.
4. Jangka waktu bangunan dapat tetap memenuhi fungsi dan keandalan bangunan diperhitungkan 50 tahun, sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Adapun ilustrasi tentang umur layanan rencana untuk setiap bangunan gedung disajikan pada Tabel 2.1



Tabel 2.1 Umur Layanan Rencana

Kategori	Umur layanan rencana	Contoh bangunan
Bangunan Sementara	< 10 tahun	Bangunan tidak permanen, rumah pekerja sederhana, ruang pameran sementara.
Jangka waktu menengah	25-49 tahun	Bangunan industri dan gedung parkir
Jangka waktu lama	50-99 tahun	Bangunan rumah, komersial dan perkantoran. Bangunan rumah sakit dan sekolah. Gedung parkir dilantai basement/dasar.
Bangunan Permanen	Minimum 100 tahun	Bangunan monumental dan bangunan warisan budaya.

Sumber: <http://www.canadianarchitect.com>

2.2 Klasifikasi Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem Rangka Pemikul Momen

merupakan salah satu sistem struktur yang cukup efektif dalam memikul beban lateral. Pada sistem ini beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya. Menurut Iswandi Imran & Fajar Hendrik (2014), terdapat beberapa ciri pada sistem struktur ini:

- a) Beban ditransfer oleh geser di kolom sehingga menghasilkan momen pada balok dan kolom
- b) Hubungan balok-kolom harus didesain dengan baik sebab hubungan balokkolom merupakan bagian yang penting agar sistem bekerja dengan baik
- c) Momen dan geser dari beban lateral harus ditambahkan pada struktur dari beban gravitasi

Sistem Rangka Pemikul momen dapat dibagi menjadi:

- a) Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI Beton (SNI 2847:2013) Pasal 1-20 dan 22, serta pasal 21.1.2 dan 21.2. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk didaerah dengan risiko gempa yang rendah.

- b) Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan *detailing* pasal 21.1.2 dan 21.1.8 serta 21.3 pada SNI 2847:2013. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk didaerah dengan risiko gempa menengah.

c) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.1.2 hingga 21.1.8, pasal 21.5 hingga 21.8, serta pasal 21.11 hingga 21.13 pada SNI 2847:2013. Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan wajib digunakan di daerah dengan risiko gempa yang tinggi.

2.3 Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang banyak digunakan untuk struktur bangunan tingkat rendah, tingkat menengah sampai bangunan tingkat tinggi. Struktur beton bertulang merupakan struktur yang paling banyak digunakan atau dibangun orang dibandingkan dengan jenis struktur yang lainya. Struktur beton bertulang lebih murah dan lebih monolit dibandingkan dengan struktur baja maupun struktur komposit. Karena elemen-elemen dari struktur beton bersifat monolit, maka struktur ini mempunyai perilaku yang baik dalam memikul beban gempa. Di dalam perancangan struktur beton bertulang tahan gempa, perlu diperhatikan adanya detail penulangan yang baik dan benar. Untuk gedung bertingkat tinggi dengan menggunakan struktur beton bertulang, struktur atas yang utama terdiri dari balok, kolom dan plat lantai. Menurut struktur, urutan pelaksanaan ketiganya adalah :

- 1) Kolom
- 2) Balok
- 3) Pelat / slab

2.3.1 Kolom

Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan. Keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Iswandi Imran & Fajar Hendrik, 2014:120).

2.3.1.1 Kuat Geser Nominal (V_n)

Kapasitas geser (kuat geser nominal) V_n merupakan gabungan dari kuat geser yang disumbangkan oleh:

- Beton (V_c) → indeks c = concrete = beton
- Tulangan geser (V_s) → indeks s = steel = baja tulangan

$$V_n = V_c + V_s \quad \Rightarrow \quad \phi V_n = \phi(V_c + V_s)$$

1. Kekuatan Geser Beton

Untuk komponen struktur yang dikenai tekan aksial

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right) \lambda (\sqrt{f_c'}) (b \cdot d)$$

Dimana Nu / A_g dinyatakan dalam satuan MPA, dan $\lambda = 1,0$ untuk beton berat normal dan $\lambda = 0,75$ untuk beton ringan semua.

2. Kekuatan Geser Tulangan Geser

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

dimana; A_v adalah luas penampang tulangan geser (mm^2)

d = tinggi efektif kolom

s = spasi tulangan geser (mm)

f_y = kuat leleh tulangan geser (MPa)

2.3.2 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menahan beban lentur dan menyalurkan beban-beban dari slab lantai ke kolom penyangga yang vertikal. Balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom. Pada balok berlaku pula panjang bentang teoritis l harus dianggap sama dengan bentang bersih L ditambah dengan setengah panjang perletakan yang telah ditetapkan. Berdasarkan SNI 2847-2013, telah diatur Tata Cara Perencanaan Penampang Minimum Balok Non-Prategang seperti yang ada pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Tebal Minimum Balok Non-Prategang Atau Pelat Satu Arah Bila Lenturan 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 lenturan 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/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

2.3.2.1 Balok-T

Lebar slab efektif sebagai sayap Balok-T tidak boleh melebihi seperempat panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi;

- a. Delapan kali tebal slab, dan
- b. Setengah jarak bersih ke badan disebelahnya

2.3.2.2 Kuat Geser Nominal (V_n)

Kapasitas geser (kuat geser nominal) V_n merupakan gabungan dari kuat geser yang disumbangkan oleh:

- Beton (V_c) → indeks c = concrete = beton
- Tulangan geser (V_s) → indeks s = steel = baja tulangan

$$V_n = V_c + V_s \quad \Rightarrow \quad \phi V_n = \phi(V_c + V_s)$$

1. Kekuatan Geser Beton

Untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d$$

2. Kekuatan Geser Tulangan Geser

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

dimana; A_v adalah luas penampang tulangan geser (mm^2)

d = tinggi efektif balok

s = spasi tulangan geser (mm)

f_y = kuat leleh tulangan geser (MPa)

2.3.3 Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan salah satu elemen struktur yang dipengaruhi oleh momen lentur dan gaya geser yang terjadi. Sisi tarik pada pelat terlentur ditahan oleh tulangan baja, sedangkan gaya geser pada pelat lantai ditahan oleh beton yang menyusun pelat lantai itu sendiri. Pembuatan struktur pelat lantai harus memperhatikan ukuran ketebalan pelat tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhinya antara lain besar lendutan yang diijinkan, lebar bentangan atau jarak antar-balok pendukung, dan bahan material yang digunakan.

Berdasarkan SNI 2847-2013, untuk tebal pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan berikut :

- Untuk $\alpha_m \leq 0,2$
- Tebal minimum pelat berdasar pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan [†]			Dengan penebalan [†]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk 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.
[†]Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[§]Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[§]Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_m untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

- Untuk $\alpha_m \geq 0,2$, tapi tidak lebih dari 2,0, h_{\min} 125 mm. Dan h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

- Untuk α_m lebih besar dari 2,0, h_{\min} 90 mm. Dan h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

2.4 Konsep Desain Kapasitas Terhadap Beban Gempa

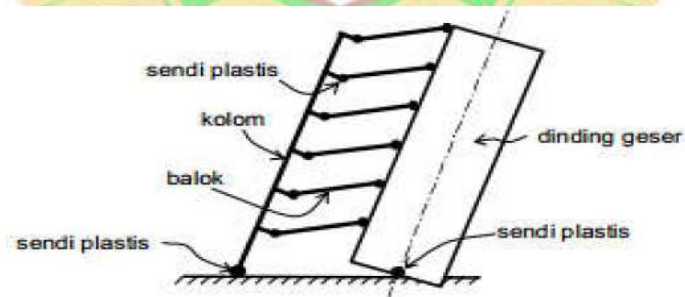
Pada konsep desain kapasitas, tidak semua elemen struktur dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Namun untuk sistem rangka pemikul momen biasa tidak perlu diberlakukan konsep

strong columb weak beam. Karena sistem ini berada pada daerah resiko gempa rendah.

Mekanisme keruntuhan pada struktur beton bertulang dapat terjadi melalui mekanisme lentur tarik, lentur tekan, geser, tarik diagonal, kegagalan angkur, kegagalan lekatan tulangan, kegagalan tekan dan lain-lain. Dari berbagai mekanisme tersebut, mekanisme lentur tarik merupakan mekanisme yang dapat menghasilkan perilaku yang paling daktail. Agar keruntuhan lentur yang terjadi dapat menghasilkan perilaku histeresis yang stabil maka bentuk keruntuhan lainnya harus diupayakan tidak muncul dalam perilaku yang dihasilkan.

Secara global, mekanisme keruntuhan yang paling ideal dan menghasilkan perilaku histeresis yang stabil adalah mekanisme *beam sway* (balok leleh sebelum kolom). Hal ini dicapai melalui penerapan persyaratan *detailing* penulangan yang terencana dengan baik.

Secara ideal, mekanisme keruntuhan suatu struktur gedung adalah seperti ditunjukkan dalam gambar berikut



Gambar 2.1 Mekanisme Keruntuhan Suatu Struktur Gedung

2.5 Daktilitas

Dalam perencanaan dan desain konstruksi perlu diperhatikan yang namanya Daktilitas. Daktilitas adalah kemampuan suatu struktur gedung untuk mengalami simpangan pasca elastik yang besar secara berulang kali dan bolak balik akibat beban gempa diatas beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi diambang keruntuhan.

Faktor daktilitas struktur gedung (μ) adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan δ_m dan simpangan ζ struktur gedung oada saat terjadinya pelepasan pertama δ_y , yaitu:

$$1 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m$$

dimana ;

$\mu=1$ → nilai faktor daktilitas untuk struktur gedung yang berperilaku elastik penuh.

μ_m → nilai faktor daktilitas untuk struktur gedung yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur yang bersangkutan.

Daktilitas dapat diklasifikasikan sebagai:

1. Daktilitas penuh

Suatu tingkat daktilitas struktur gedung dimana strukturnya mampu mengalami simpangan pasca elastik pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan yang besar, yaitu dengan nilai faktor daktilitas lebih dari 5,3 ($\mu \geq 5,3$). Boleh

didesain untuk daerah yang gempa kuat, seperti Padang, Yogyakarta

2. Daktilitas parsial (terbatas)

Seluruh tingkat daktilitas struktur gedung dengan nilai faktor daktilitas diantara struktur bangunan gedung yang belastik dan struktur banguannya gedung yang daktail, yaitu dengan nilai faktor daktilitas $1,5 \leq \mu \leq 5,0$. Boleh didesain untuk daerah yang mengalami gempa sedang, seperti Pekanbaru, Jakarta.

3. Elastik penuh

Memiliki nilai faktor daktilitas sebesar 1 ($\mu=1$). Boleh didesain untuk daerah yang tidak rawan gempa seperti Kalimantan.

2.6 Analisa Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2013, beban-beban yang bekerja dan diperhitungkan dalam desain struktur bangunan adalah

1. Beban mati (*Dead Load*)

Adalah beban dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, yaitu balok, kolom dan pelat lantai dengan mengasumsikan berat volume beton bertulang sebesar 2400 kg/m^3

2. Beban mati tambahan (*Super Imposed Dead Load*)

Terdiri dari beban tambahn yang bersifat permanen pada struktur seperti ;

- Beban spesi : 2000 kg/m^3
- Beban keramik : 24 kg/m^3
- Beban plafond : 10 kg/m^2

- Beban MEP : 20 kg/m²
- Beban dinding : 200 kg/m²

3. Beban hidup (*Live Load*)

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

- Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit : 250 kg/m²
- Tangga, bordes tangga dari lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit, toko : 300 kg/m²

4. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

a. Perhitungan berat bangunan (*Wt*)

Berupa beban mati yang terdiri dari berat sendiri material konstruksi dan elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh penggunaan suatu gedung termasuk beban-beban yang dapat berpindah.

b. Pembatasan waktu getar fundamental struktur

Untuk perencanaan awal, waktu getar dari bangunan gedung pada arah X (*T_x*) dan arah Y (*T_y*) dihitung dengan menggunakan rumus empiris:

$$T_x = T_y = 0,06 \cdot H^{0,75} \text{ (dalam detik)}$$

c. Faktor keutamaan struktur (*I*)

Menurut SNI Gempa 2012, pengaruh gempa dikalikan dengan faktor keutamaan bangunan (*I*).

Tabel 2.4 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 - Gedung perkantoran - 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 kebooran.</p>	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<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

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Gempa

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

Kategori desain seismik berdasarkan parameter percepatan respons spektra pada perioda 1 detik (S_1) dan parameter percepatan respons spektra pada perioda pendek (S_{DS}) berdasar pasal 6.3 dapat dilihat pada tabel 2.6 dan 2.7 SNI 2012.

Tabel 2.6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada 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
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

d. Klasifikasi situs

Menurut SNI gempa 2012, tipe kelas situs ditetapkan berdasarkan tabel 2.8 berikut

Tabel 2.8 Klasifikasi Situs

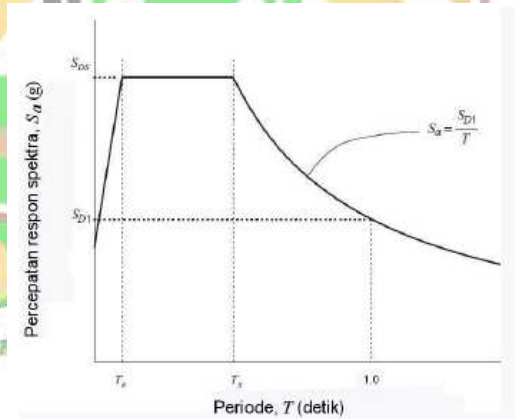
Kelas situs	\bar{V}_z (m/detik)	\bar{V} atau $\bar{V}_{0,4}$	\bar{s}_x (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Kelas situs	\bar{V}_z (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
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, $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 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 teresmentasi 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 $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

e. Spektrum respons desain

Setelah waktu getar fundamental struktur bangunan pada arah X dan Y dihitung, maka didapat nilai faktor respon gempa C dari diagram berikut



Gambar 2.2 Spektrum Respons Desain

f. Beban geser dasar nominal (v)

Pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama berupa beban gempa nominal statik ekuivalen yang terjadi di tingkat dasar yang dapat dijabarkan dengan

rumus :

$$V = \frac{C_i \times I}{R} \times W_t$$

dimana ;

v = beban geser dasar nominal statik ekuivalen

I = faktor keutamaan gedung

R = faktor reduksi gempa

C_i = faktor respon gempa yang didapat dari spektrum respons gempa

W_t = berat total gedung

Beban geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang struktur gedung menjadi beban-beban gempa statik ekuivalen. F_i yang menangkap pada pusta massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i / z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} \times v$$

g. Periode alami struktur

Terdapat dua nilai batas untuk periode bangunan, yaitu nilai minimum periode bangunan ($T_{a_{\text{minimum}}}$) dan nilai maksimum periode bangunan ($T_{a_{\text{maksimum}}}$). Nilai

minimum perioda bangunan ($T_{a_{\text{minimum}}}$) ditetapkan oleh rumus :

$$T_{a_{\text{minimum}}} = C_r \times h_n^x$$

dimana ;

$T_{a_{\text{minimum}}}$ = nilai batas bawah periode bangunan

h_n = ketinggian struktur dalam (m) diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

$C_r = C_t$ = ditentukan tabel 15 SNI 2012

x = ditentukan tabel 15 SNI 2012

Pengambilan nilai C_t dan x dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Nilai Parameter Periode Pendekatan

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilindungi 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

Nilai maksimum perioda bangunan ($T_{a_{\text{maksimum}}}$)

ditentukan oleh rumus ;

$$T_{a_{\text{maksimum}}} = C_u \times T_{a_{\text{minimum}}}$$

dimana:

$T_{a_{\text{maksimum}}}$ = nilai batas atas periode bangunan

C_u = ditentukan dari tabel 14 SNI 2012

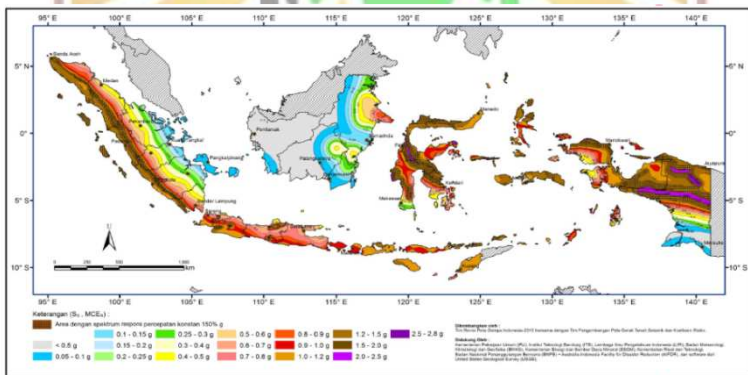
Pengambilan nilai C_u dapat dilihat pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung

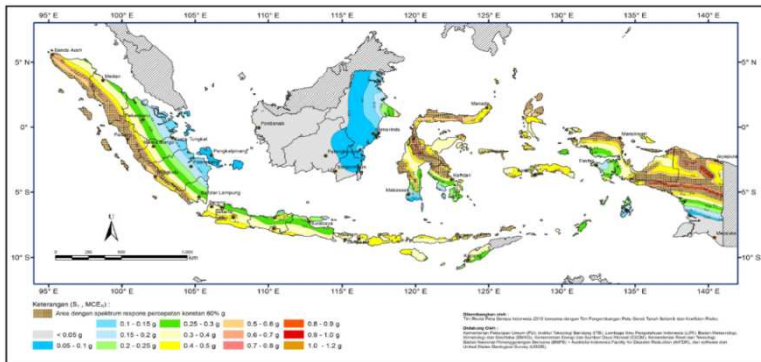
Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

2.7 Wilayah Gempa Di Indonesia

Wilayah gempa berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 14 ditetapkan berdasarkan parameter S_S (percepatan batuan dasar pada perioda pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik).



Gambar 2.3 Peta wilayah gempa menurut SNI 1726-2012 berdasarkan parameter S_S



Gambar 2.4 Peta wilayah gempa menurut SNI 1726-2012 berdasarkan parameter S_I

2.8 Respon Struktur

Merupakan respon yang diberikan oleh struktur sebagai akibat adanya beban yang diberikan pada struktur. Respon struktur mencakup deformasi serta reaksi terhadap gaya dalam struktur. Gaya dalam adalah suatu respon yang diberikan oleh struktur terhadap gaya luar atau pembebanan yang terjadi. Gaya dalam terbagi 3 yakni :

1. Gaya aksial

Jika respon yang diberikan sejajar dengan sumbu utama suatu elemen struktur

2. Gaya geser

Jika respon yang diberikan tegak lurus dengan sumbu utama suatu elemen struktur

3. Momen

Jika respon yang diberikan berupa rotasi yang arahnya tegak lurus dengan sumbu utama suatu elemen struktur.

2.9 Penulangan Pada Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

2.9.1 Persyaratan Penulangan Dengan SRPMB Menurut SNI Beton 2847:2013

1. balok harus mempunyai paling sedikit 2 batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan.

2. tulangan transversal harus dispasikan tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau juga tidak melebihi 450 mm.

3. kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_1 harus didesain untuk geser sesuai pasal 21.3.3.2 yaitu ϕV_n kolom yang menahan pengaruh gempa, E tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari;

- Geser yang terkait dengan pengembangan kekuatan momen nominal kolom pada setiap ujung terkekang dari panjang yang tak tertumpu akibat lentur kurvatur balik. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor,

konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau dan menghasilkan kekuatan lentur tertinggi

- Geser maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban disain yang melibatkan E, dengan E ditingkatkan oleh ohm.

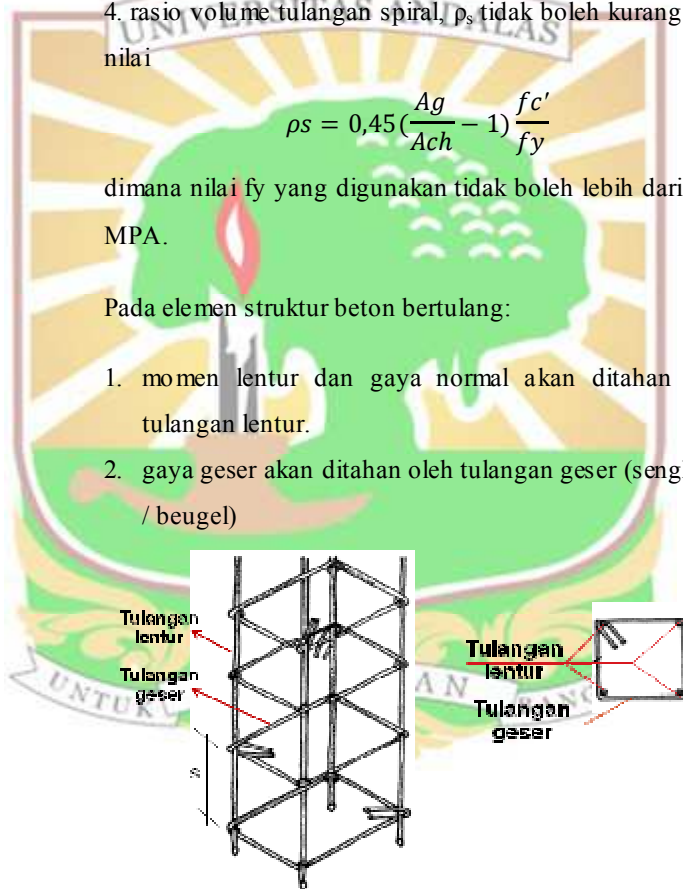
4. rasio volume tulangan spiral, ρ_s , tidak boleh kurang dari nilai

$$\rho_s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c'}{f_y}$$

dimana nilai f_y yang digunakan tidak boleh lebih dari 700 MPA.

Pada elemen struktur beton bertulang:

1. momen lentur dan gaya normal akan ditahan oleh tulangan lentur.
2. gaya geser akan ditahan oleh tulangan geser (sengkang / beugel)



Gambar 2.5 Gambar Tampak

Gambar 2.6 Gambar Penampang

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Perencanaan Struktur Beton Bertulang

Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam perencanaan :

1. *Preliminary Design*

Merencanakan dimensi kolom, balok, dan pelat lantai dan membuat analisa pembebanan pada tiap-tiap lantai.

2. Permodelan Struktur

Memodelkan struktur gedung perkantoran yang akan dianalisis dengan menggunakan software ETABS 9.7.1. Data Struktur yang digunakan berdasarkan dengan *preliminary design* yang telah dibuat.

3. Analisis Pembebanan

Pembebanan yang dilakukan dalam Tugas akhir ini berupa beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa.

4. Analisis Struktur

Setelah struktur diberi pembebanan, dilakukan analisis pembebanan. Kemudian struktur dianalisis untuk mengetahui reaksi perletakan, gaya dalam, dan perpindahan struktur yang terjadi.

5. Design Tulangan Struktur

Melakukan perhitungan jumlah tulangan struktur atas. Nilai yang digunakan didapat dari analisis struktur gedung.

6. Pengecekan

Setelah jumlah tulangan struktur atas ditentukan, dilakukan pengecekan. Apabila jumlah tulangan tidak ok, maka harus ganti penampang dan *design* kembali. Jika jumlah tulangan ok, maka nilai yang didapat dapat digunakan.

7. Kesimpulan

Berupa hasil yang didapatkan dari hasil analisis yang dilakukan.



3.2 Diagram Alir Perencanaan Struktur Beton Bertulang



3.3 Data Bangunan

Data teknis struktur bangunan ini bukanlah data yang sebenarnya, melainkan ditentukan oleh penulis sendiri berdasarkan saran dari pembimbing. Berikut adalah datanya :

Jenis struktur : Beton bertulang

Fungsi bangunan : Perkantoran

Penutup atap : Dak Beton

Tinggi lantai : 4 m

Jumlah lantai : 6 Lantai

Tinggi gedung : 24 m

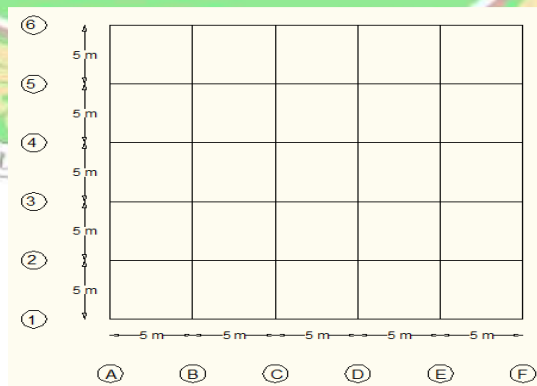
Jenis tanah : Tanah Lunak

Lokasi : Selat Panjang (Riau)

3.4 Model Geometri Bangunan

3.4.1 *Layout Bangunan*

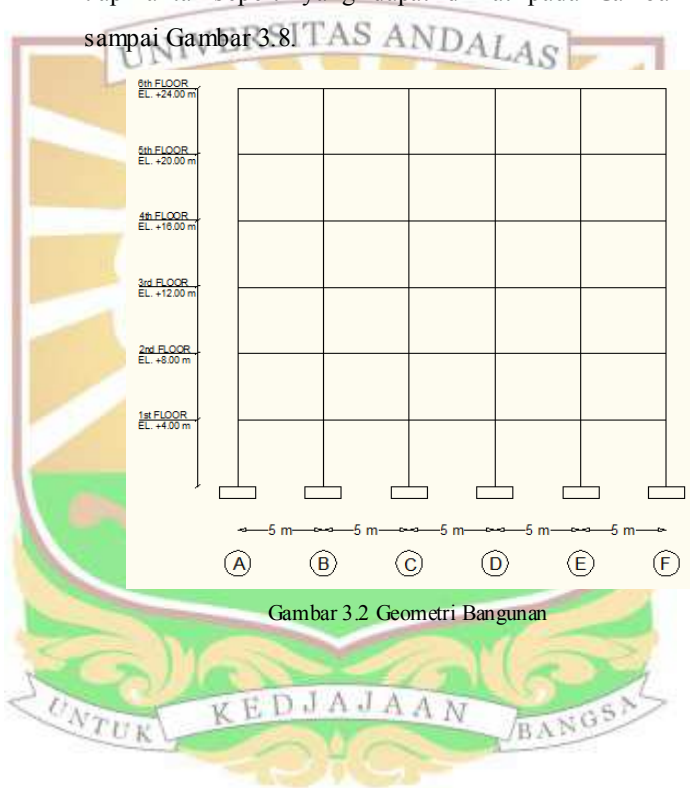
Layout bangunan yang akan di analisis dapat dilihat pada Gambar 3.1



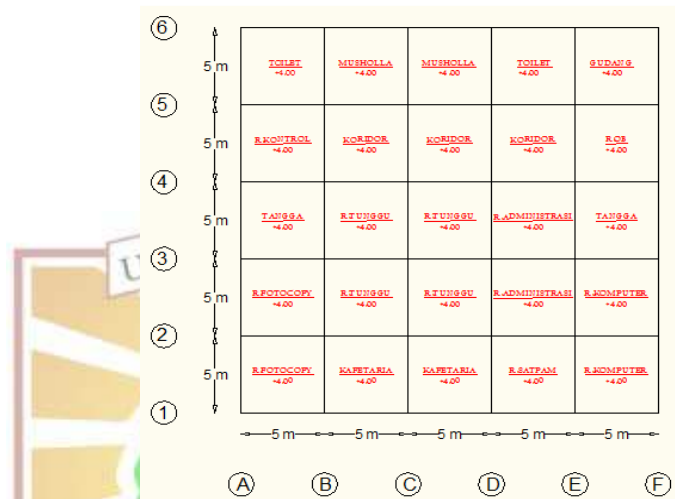
Gambar 3.1 Layout Bangunan

3.4.2 Geometri Bangunan

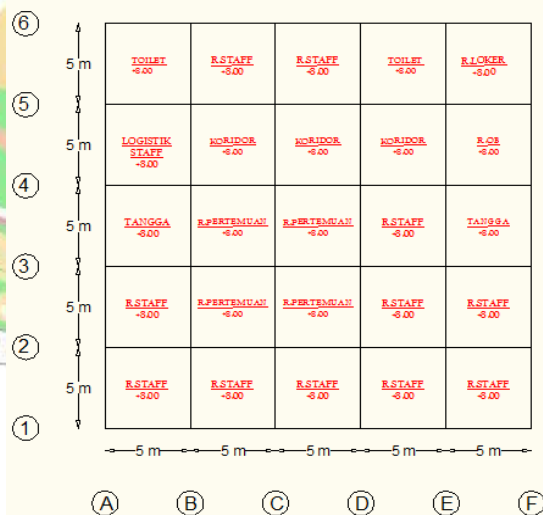
Bentuk bangunan yang akan penulis analisis seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 dan berikut penulis tampilkan layout dan fungsi dari masing-masing ruangan pada tiap-tiap lantai seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 sampai Gambar 3.8!



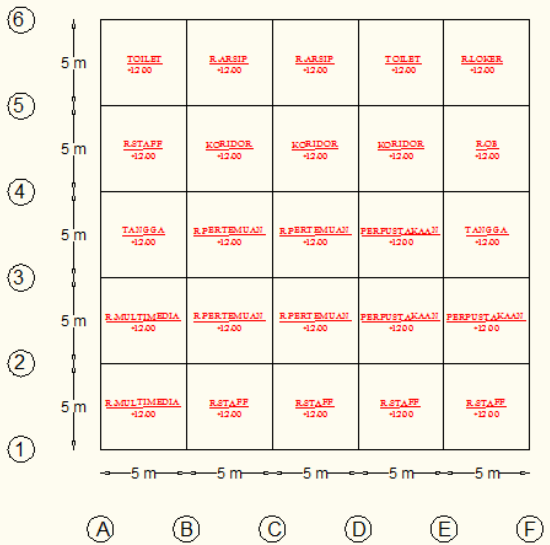
Gambar 3.2 Geometri Bangunan



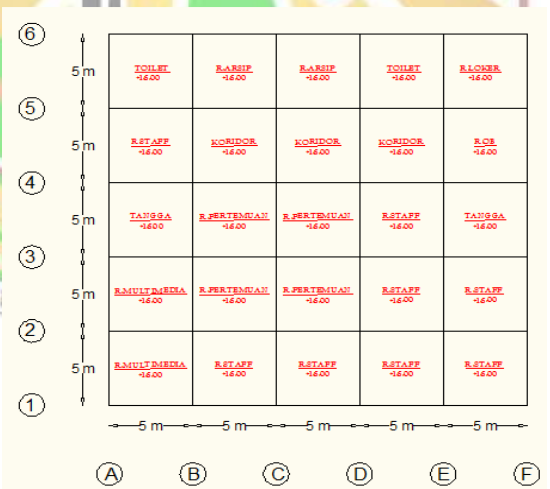
Gambar 3.3 Layout Fungsi Ruang Lantai 1



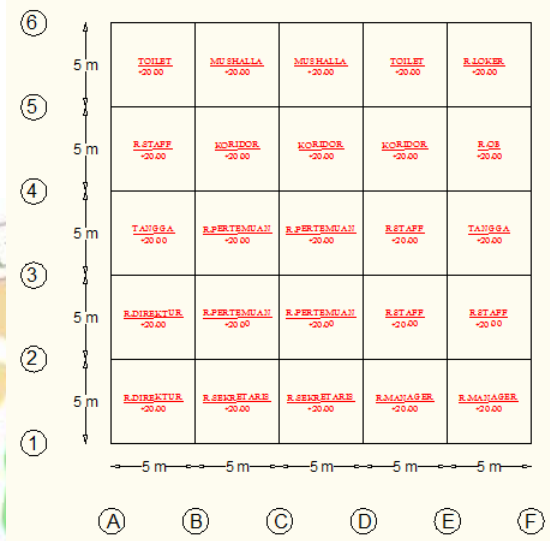
Gambar 3.4 Layout Fungsi Ruang Lantai 2



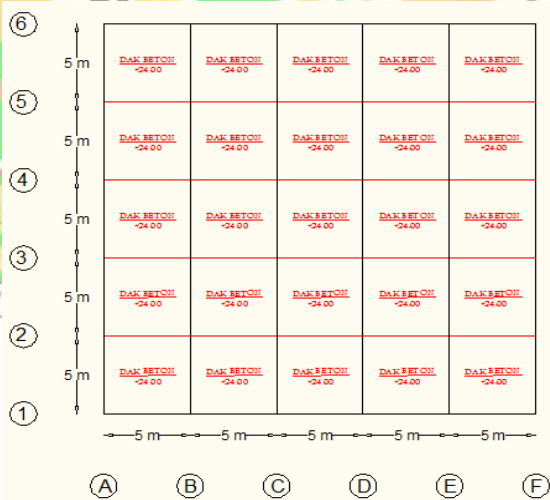
Gambar 3.5 Layout Fungsi Ruang Lantai 3



Gambar 3.6 Layout Fungsi Ruang Lantai 4



Gambar 3.7 Layout Fungsi Ruang Lantai 5



Gambar 3.8 Layout Fungsi Ruang Lantai 6

3.5 Spesifikasi Material

Mutu beton : K-350
Mutu baja tulangan : Fy 390
Ec : $4700 \sqrt{f_c}$
Es : 200.000 MPA



Berdasarkan SNI 1726:2012, tabel 6 untuk nilai $0,167 \leq S_{DS} < 0,33$, dan tabel 7 untuk nilai $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ maka didapat kategori desain seismik adalah KDS B. Dengan fungsi gedung sebagai gedung perkantoran maka didapat nilai faktor keutamaan gempa 1,0 dan kategori risiko bangunan II. Berdasarkan SNI 2847:2013 tabel S21.1.1 untuk KDS B maka tipe struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB).

4.2 Preliminary Design

Preliminary design adalah suatu tahapan perhitungan dimana kita merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur. Untuk SRPMB telah ditetapkan oleh SNI 2847:2013 tentang batasan dimensi balok dan kolom yang digunakan dan juga material yang digunakan seperti mutu beton dan mutu baja yang digunakan.

4.2.1 Balok

Dalam mendesign balok untuk SRPMB penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 tabel 9.5(a) untuk mutu $f_y=420$ Mpa:

$$h_{min} = \frac{1}{18,5} L$$

sedangkan untuk lebarnya:

$$\frac{1}{2} \leq bw \leq \frac{2}{3}$$

- dimana : bw = lebar balok
 h = tinggi balok
 L = panjang balok
 f_y = mutu tulangan baja

- dimensi balok utama bentang $L = 5 \text{ m}$
 $h = 400 \text{ mm}$
 $b = 250 \text{ mm}$

untuk perhitungannya dapat dilihat di **Lampiran 1**

4.2.2 Pelat

Perencanaan tebal pelat minimum untuk satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan SNI 2847:2013. Untuk perencanaan pelat dua arah dapat dilakukan dengan mengikuti SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- untuk αm yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan pasal 9.5.3.2.
- untuk αm lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- untuk αm lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$= \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

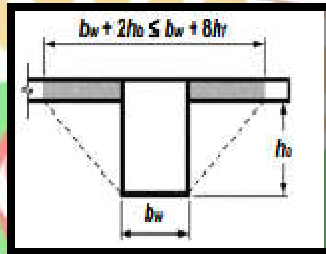
dimana : l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang pelat

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek balok

α_m = rasio kekakuan pelat

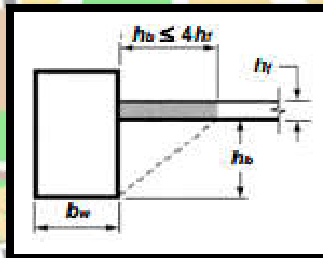
selain itu SNI 2847:2013 juga mengatur lebar flens pada balok, lihat pasal 8.12.2 dan 8.12.3

- Balok Tengah



Gambar 4.2 Balok Tengah

- Balok Tepi



Gambar 4.3 Balok Tepi

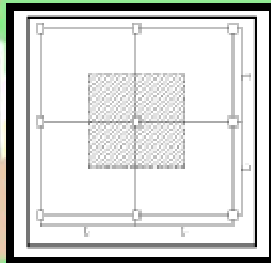
Berdasarkan perhitungan kekakuan pelat didapatkan nilai kekakuan pelat $\alpha_m = 3,99$. Berarti tebal pelat harus lebih tebal dari rumus SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.(c) dan lebih tebal dari 90 mm. Setelah semua syarat terpenuhi maka

diambil tebal pelat $h_f = 120$ mm. Untuk perhitungannya dapat dilihat di **Lampiran 1**.

4.2.3 Kolom

Dengan menggunakan perencanaan kolom berdasarkan metode pembebanan, maka didapat dimensi kolom sebagai berikut. Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 1**.

1. Kolom 1 (600 x 600) mm
2. Kolom 2 (500 x 500) mm
3. Kolom 3 (400 x 400) mm

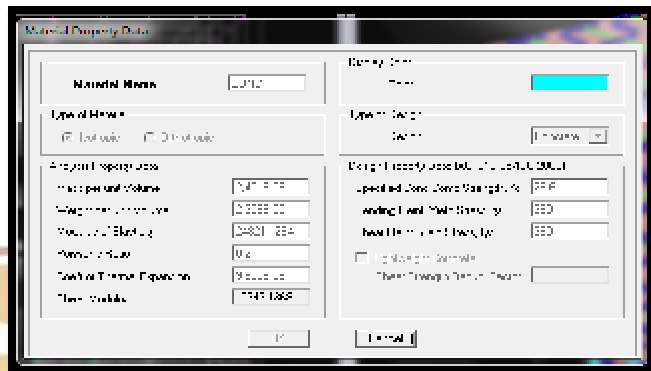


Gambar 4.4 Metoda Pembebanan Pada Kolom

4.3 Permodelan Struktur

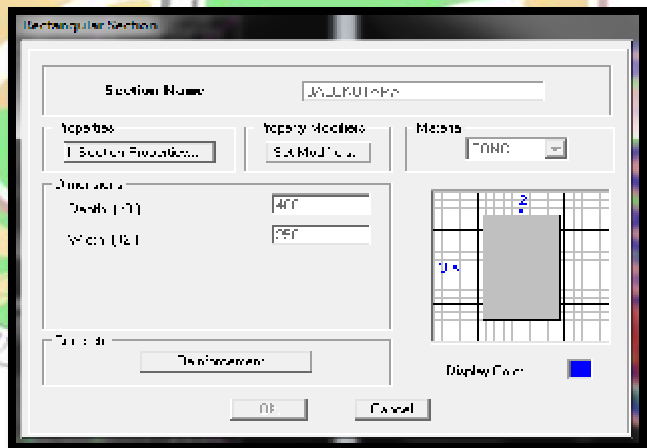
Setelah didapatkan data dimensi berdasarkan preliminary design, maka selanjutnya akan dilakukan permodelan struktur 3D dengan menggunakan software Etabs 9.7.1. berikut adalah langkah-langkah permodelan struktur :

1. Input data material berdasar mutu yang direncanakan, yaitu $f_c' = 29,6$ Mpa (K-350) dan $f_y = 390$ Mpa.

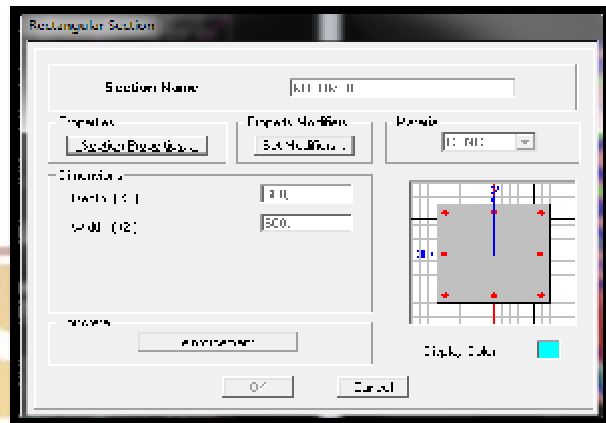


Gambar 4.5 Input Data Mutu Material

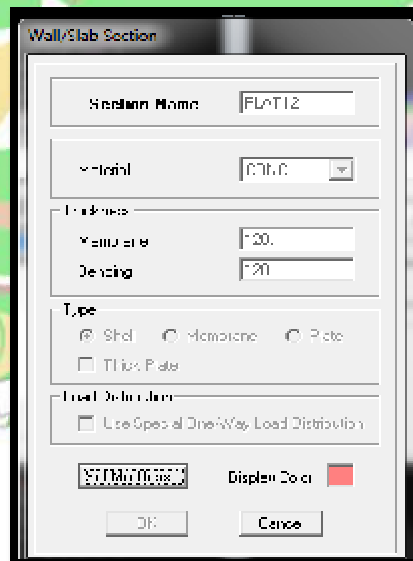
2. Input dimensi balok, kolom dan pelat lantai berdasarkan preliminary design yang ditelah direncanakan.



Gambar 4.6 Input Dimensi Balok

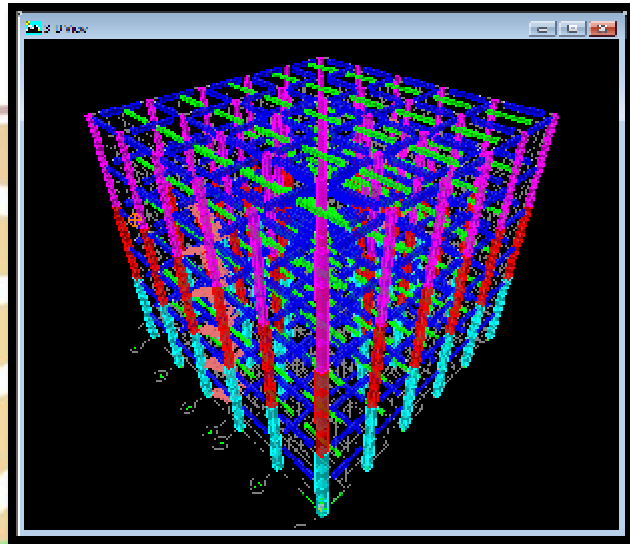


Gambar 4.7 Input Dimensi Kolom



Gambar 4.8 Input Dimensi Pelat Lantai

3. Setelah balok, kolom dan pelat lantai didefinisikan, kemudian dilakukan penggambaran berdasarkan grid-grid yang telah dibuat.



Gambar 4.9 Permodelan Struktur Gedung 6 Lantai

4.4 Pembebanan

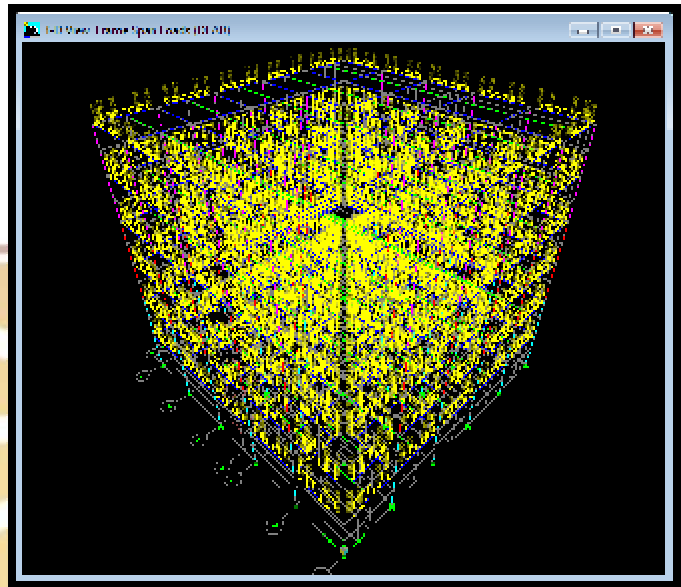
4.4.1 *Beban Mati*

Beban mati adalah berat dari semua gedung yang tak terpisahkan dan bersifat tetap. Beban mati diambil dari berat sendiri dari bahan bangunan dan komponen gedung. Beban mati mengacu pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 (PPIUG 1983) dan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013). Beban mati ini yang nantinya akan dimasukkan ke permodelan ETABS 9.7.1

sebagai fungsi *Dead Load*. Berikut adalah beban mati yang diperhitungkan:

Tabel 4.1 Beban Mati Yang Bekerja Pada Struktur Bangunan

Jenis Beban	Besar Beban
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Dinding Dari Pasangan Bata Merah ½ Bata	250 kg/m ²
Dinding Dari Partisi	20 kg/m ²
Plafond (Termasuk Rangka Plafond Dan Penggantung)	20 kg/m ²
Instalasi Mep (Mekanikal, Elektrikal, Plumbing)	25 kg/m ²
Spesi, Per Cm Tebal	21 kg/m ²
Water Proofing	14 kg/m ²
Penutup Lantai (Keramik), Per Cm Tebal	24 kg/m ²



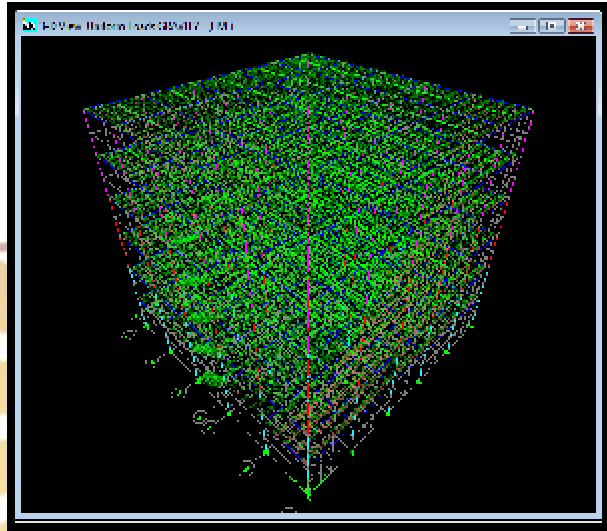
Gambar 4.10 Input Beban Mati Pada Struktur Gedung

4.4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban akibat penggunaan dan penghunian dari suatu bangunan dan beban pada lantai yang dapat berpindah mengakibatkan terjadi perubahan pembebanan. Beban hidup pada gedung mengacu pada peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 (PPIUG 1983) dan beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013). Beban hidup ini nantinya akan dimasukkan ke permodelan ETABS 9.7.1 sebagai fungsi *Live Load*. Berikut adalah beban hidup yang diperhitungkan:

Tabel 4.2 Beban Hidup Yang Bekerja Pada Struktur Bangunan

Jenis Beban	Besar Beban
Mushalla	400 kg/m ²
Gudang	718 kg/m ²
Ruang Kontrol	479 kg/m ²
Pantry	120 kg/m ²
Lobby	479 kg/m ²
Ruang Administrasi	120 kg/m ²
Ruang Fotokopi	479 kg/m ²
Cafeteria	479 kg/m ²
Ruang Komputer	479 kg/m ²
Ruang Satpam	120 kg/m ²
Toilet	200 kg/m ²
Koridor	479 kg/m ²
Ruang Meeting	479 kg/m ²
Logistic Staff	120 kg/m ²
Ruang Arsip	479 kg/m ²
Perpustakaan	172,2 kg/m ²
Ruang Multimedia	479 kg/m ²

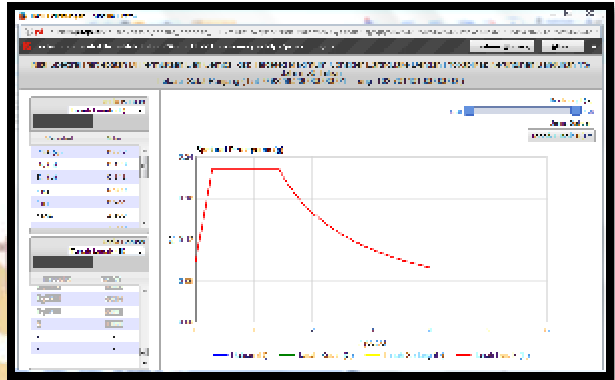


Gambar 4.11 Input Beban Hidup Pada Struktur Gedung

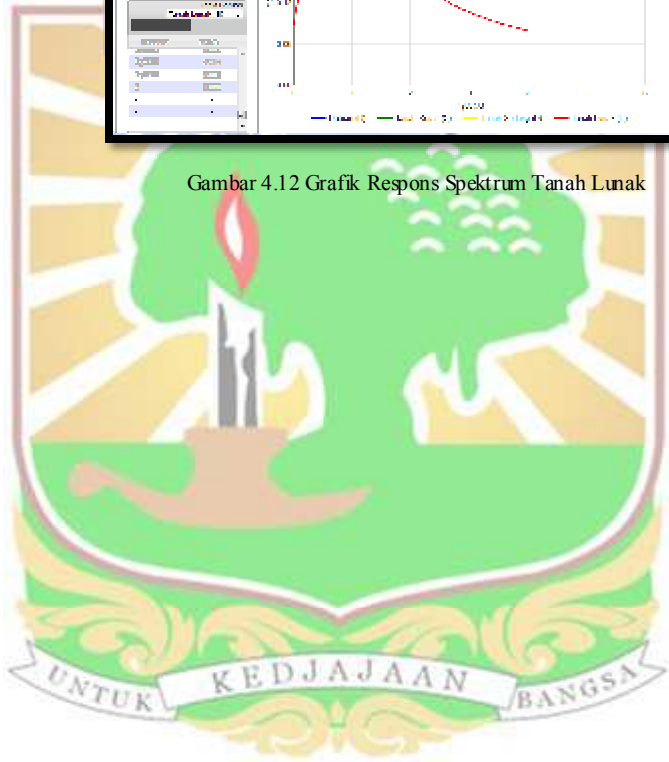
4.4.3 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan pada disain gedung ini adalah beban gempa dinamik, dimana dalam analisisnya respons spektrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah hasil rekaman gempa. Disain spektrum merupakan representasi gerakan tanah akibat getaran gempa yang pernah terjadi pada suatu lokasi. Beban gempa yang digunakan pada perencanaan ini langsung dihitung otomatis oleh program ETABS 9.7.1.

Pada tugas akhir ini, data respon spektrum didapatkan dari situs Puskim PU, berdasarkan kondisi tanah dan wilayah yang akan didisain. Maka didapat data respon sebagai berikut.



Gambar 4.12 Grafik Respons Spektrum Tanah Lunak



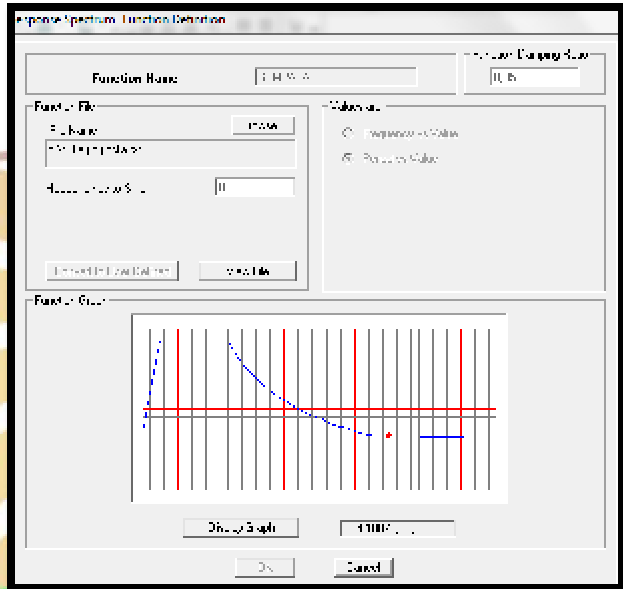
Tabel 4.3 Data Respon Spektrum

T (detik)	S _A (g)
0	0.089
I ₀	0.222
T ₅	0.222
T ₅ +0	0.207
T ₅ +0.1	0.195
I ₅ +0.2	0.183
T ₅ +0.3	0.173
T ₅ +0.4	0.164
T ₅ +0.5	0.156
I ₅ +0.6	0.149
T ₅ +0.7	0.142
T ₅ +0.8	0.136
T ₅ +0.9	0.131
T ₅ +1	0.125
I ₅ +1.1	0.121
T ₅ +1.2	0.116
T ₅ +1.3	0.112
T ₅ +1.4	0.108
I ₅ +1.5	0.105
T ₅ +1.6	0.101
T ₅ +1.7	0.098
T ₅ +1.8	0.095
I ₅ +1.9	0.093
T ₅ +2	0.090
T ₅ +2.1	0.088
T ₅ +2.2	0.085
T ₅ +2.3	0.083
I ₅ +2.4	0.081
4	0.08



T (detik)	S _A (g)
0,000	0,089
0,287	0,222
1,436	0,222
1,536	0,207
1,636	0,195
1,736	0,183
1,836	0,173
1,936	0,164
2,036	0,156
2,136	0,149
2,236	0,142
2,336	0,136
2,436	0,131
2,536	0,125
2,636	0,121
2,736	0,116
2,836	0,112
2,936	0,108
3,036	0,105
3,136	0,101
3,236	0,098
3,336	0,095
3,436	0,093
3,536	0,090
3,636	0,088
3,736	0,085
3,836	0,083
3,936	0,081
5,436	0,080

Setelah didapat data respon spektrum kemudian di inputkan di permodelan ETABS 9.7.1 yang telah dibuat.



Gambar 4.13 Input Beban Gempa Respon Spektrum di ETABS 9.7.1

Kemudian isi scale factor pada ETABS dengan rumus:

$$SF = \frac{G \cdot I}{R}$$

Dimana : G = Gravitasi

I = Faktor Keutamaan Gedung (SNI 1726:2012, Tabel 2)

R = Koefisien Modifikasi Respon (SNI 1726:2012, Tabel 9)

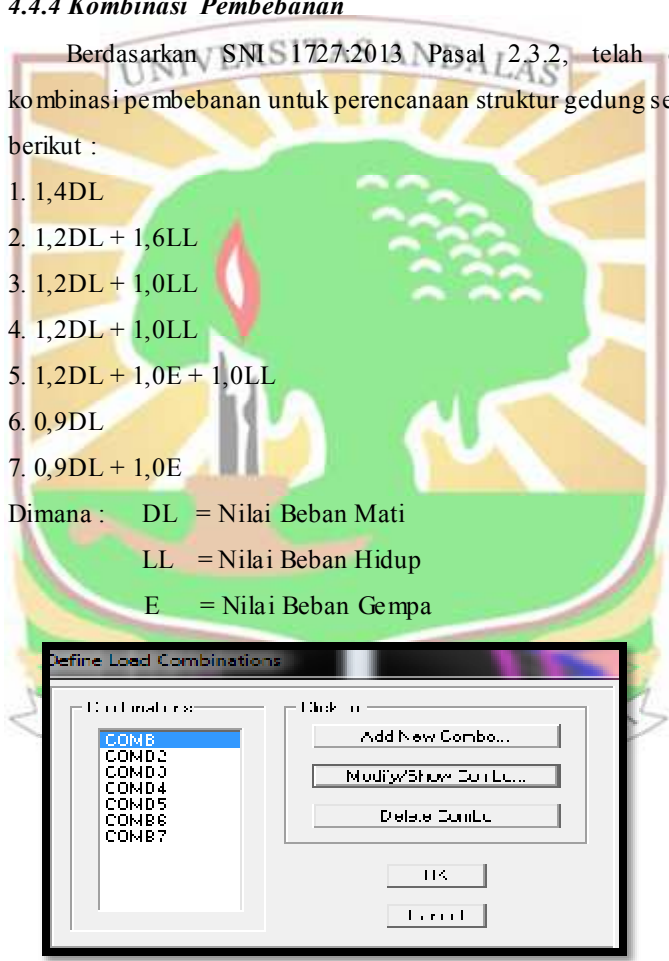
Kemudian dikalikan dengan faktor redundansi ρ .
Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.4.1 untuk kategori disain seismik B faktor redundansi $\rho = 1,0$.

4.4.4 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2, telah diatur kombinasi pembebanan untuk perencanaan struktur gedung sebagai berikut :

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL
3. 1,2DL + 1,0LL
4. 1,2DL + 1,0LL
5. 1,2DL + 1,0E + 1,0LL
6. 0,9DL
7. 0,9DL + 1,0E

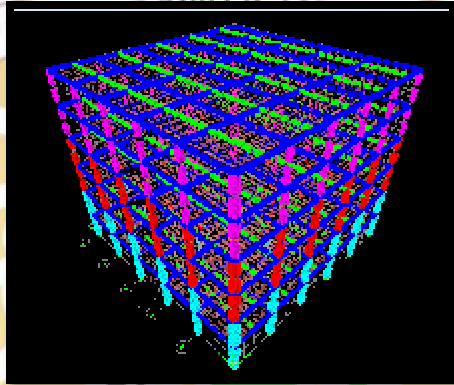
Dimana : DL = Nilai Beban Mati
LL = Nilai Beban Hidup
E = Nilai Beban Gempa



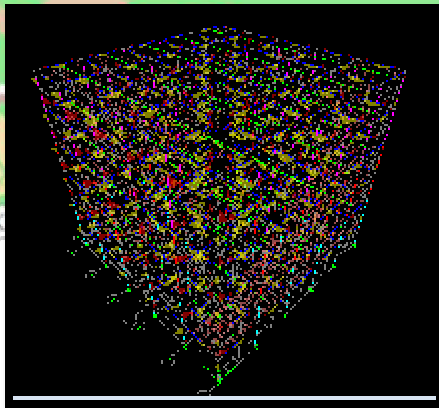
Gambar 4.14 Input Kombinasi Pembebanan di ETABS 9.7.1

4.5 Analisis Struktur

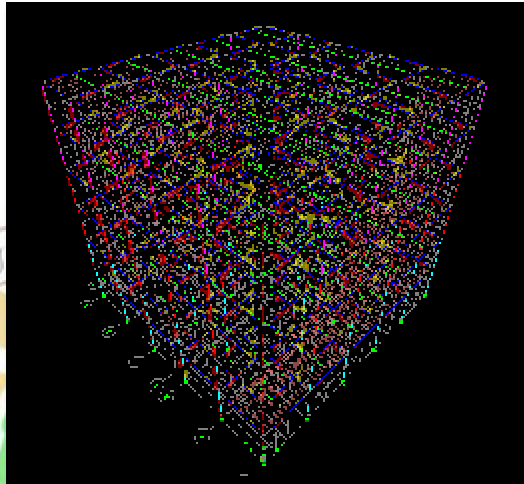
Analisis struktur dilakukan setelah memasukkan semua beban mati, beban hidup dan beban gempa ke permodelan ETABS 9.7.1 dan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013. Maka didapatkan hasil analisis struktur sebagai berikut :



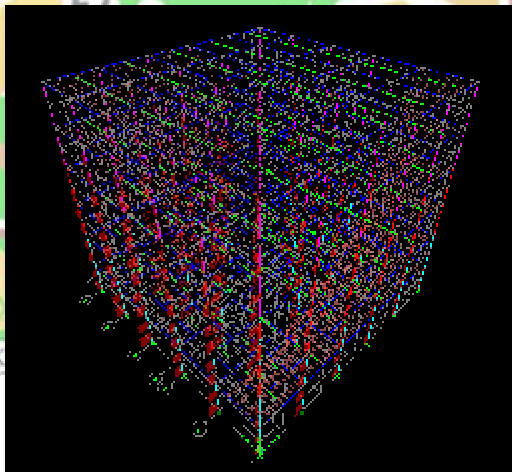
Gambar 4.15 Pemodelan Gedung Setelah di Run di ETABS 9.7.1



Gambar 4.16 Momen Struktur



Gambar 4.17 Gaya Geser Struktur



Gambar 4.18 Gaya Aksial Struktur

4.5.1 Simpangan Antar Lantai

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.6 disebutkan penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.



Dimana : Δ = Simpangan antar lantai

Δa = Simpangan antar lantai ijin (SNI 1726:2012, Tabel 16)

Cd = Faktor pembesaran defleksi (SNI 1726:2012, Tabel 9)

I = Faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2012, Tabel 2)

h = Tinggi lantai

δ = Selisih simpangan antar lantai

ρ = Faktor redundansi (SNI 1726:2012, Tabel 7.3.4)

Tabel 4.4 Simpangan antar lantai arah X

No.	Lantai	Tinggi Lantai (mm)	Simpangan (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	$\Delta_a > \Delta$
1	Lantai 1	4000	2,5	2,5	6,25	60	OK !!
2	Lantai 2	4000	7	4,5	11,25	60	OK !!
3	Lantai 3	4000	12,4	5,4	13,5	60	OK !!
4	Lantai 4	4000	17,1	4,7	11,75	60	OK !!
5	Lantai 5	4000	21,5	4,4	11	60	OK !!
6	Lantai 6	4000	24,1	2,6	6,5	60	OK !!

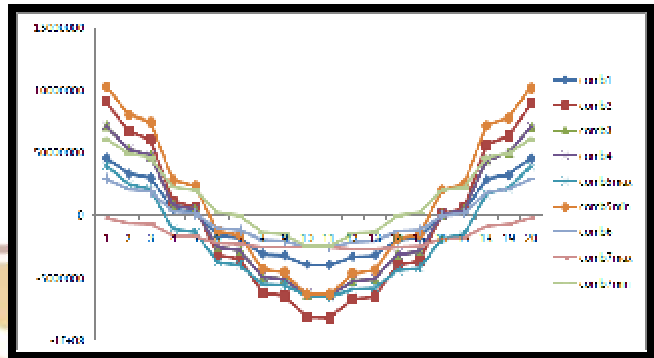
Tabel 4.5 Simpangan antar lantai arah Y

No.	Lantai	Tinggi Lantai (mm)	Simpangan (mm)	δ (mm)	Δ (mm)	Δ_a (mm)	$\Delta_a > \Delta$
1	Lantai 1	4000	0,7	0,7	1,75	60	OK !!
2	Lantai 2	4000	2,1	1,4	3,5	60	OK !!
3	Lantai 3	4000	3,7	1,6	4	60	OK !!
4	Lantai 4	4000	5,2	1,5	3,75	60	OK !!
5	Lantai 5	4000	6,5	1,3	3,25	60	OK !!
6	Lantai 6	4000	7,2	0,7	1,75	60	OK !!

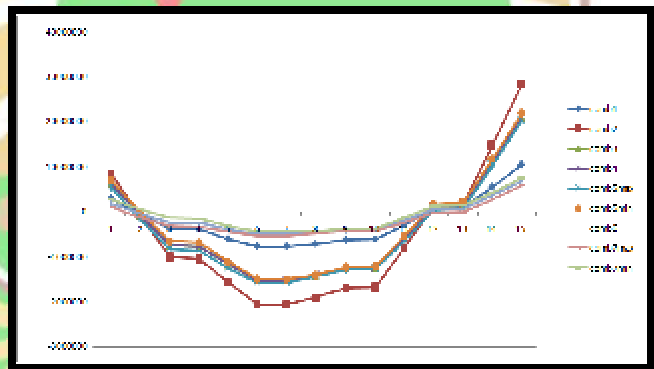
4.5.2 Gaya Dalam Struktur

4.5.2.1 Balok

Gaya dalam yang bekerja pada balok ada 3 (gaya normal, gaya lintang dan momen). Gaya dalam momen yang bekerja pada struktur didapatkan berdasarkan hasil Envelopment seperti berikut:

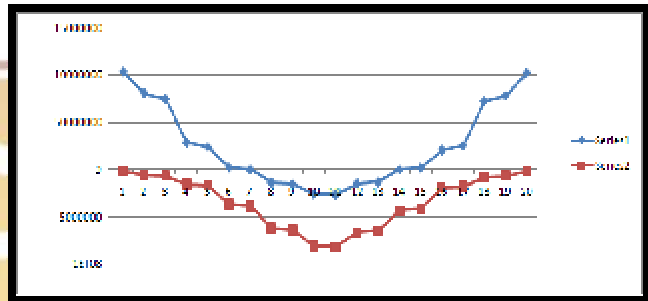


Gambar 4.19 Rekap Gaya Dalam Momen Pada Masing-masing Kombinasi Balok Utama

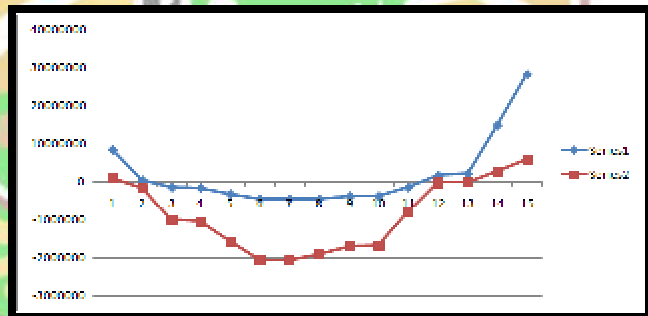


Gambar 4.20 Rekap Gaya Dalam Momen Pada Masing-masing Kombinasi Balok Anak

Dari Gambar 4.19 dan Gambar 4.20 diambil diagram gaya dalam momen positif dan negatif yang terluar seperti pada gambar 4.21



Gambar 4.21 Gaya Dalam Momen Terluar Pada Balok Utama



Gambar 4.22 Gaya Dalam Momen Terluar Pada Balok Anak

Berikut adalah rekap gaya dalam momen yang bekerja pada balok seperti yang terlihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekap Gaya Dalam Momen Balok Utama

Balok Utama (45 x 25)			
Nmm	Momen Tumpuan Kiri	Momen Lapangan	Momen Tumpuan Kanan
Momen (+)	2118623,377	82094621,08	2220135,144
Momen (-)	103080696,5	1801340,735	101941243,6

Tabel 4.7 Rekap Gaya Dalam Momen Balok Anak

Balok Anak (25 x 15)			
Nmm	Momen Tumpuan Kiri	Momen Lapangan	Momen Tumpuan Kanan
Momen	(-) 2118623,377	(+) 20605637,85	(-) 2220135,144
	(-) 103080696,5	(-) 1654984,664	(-) 101941243,6

pada balok anak tidak ada momen positif pada tumpuan kanan dan tumpuan kiri dikarenakan kecil nya beban gempa yang terjadi dan lebih dominan beban gravitasi yang terjadi pada struktur dibanding beban gempa.

4.5.2.2 Kolom

Gaya dalam yang bekerja pada balok ada 3 (gaya normal, gaya lintang dan momen) berikut adalah rekap gaya dalam yang bekerja pada struktur:

Tabel 4.8 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 1 dan 2 Eksterior

Kolom 55 x 55						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	225,04	75,81	143,83	3,085	145,361	161,077
min	-2167,34	-74,37	-134,53	-3,933	-169,031	-147,955

Tabel 4.9 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 1 dan 2 Interior

Kolom 55 x 55						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	139,63	50,89	10,61	0,436	37,337	134,129
min	-2751,77	-53,08	-18,32	-0,776	-62,791	-132,356

Tabel 4.10 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 3 dan 4 Eksterior

Kolom 45 x 45						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	133,03	49,21	111,26	1,288	112,828	89,423
min	-1211,37	-57,29	-113,62	-1,436	-115,63	-89,459

Tabel 4.11 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 3 dan 4 Interior

Kolom 45 x 45						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	79,75	40,35	9,06	0,249	22,45	77,27
min	-1658,8	-43	-13,19	-0,323	-25,694	-79,793

Tabel 4.12 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 5 dan 6 Eksterior

Kolom 40 x 40						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	24,69	40,9	56,45	0,886	69,647	69,244
min	-433,16	-40,84	-70,48	-1,007	-71,601	-69,424

Tabel 4.13 Rekap Gaya Dalam Kolom Lantai 5 dan 6 Interior

Kolom 40 x 40						
KN,m	P	V2	V3	T	M2	M3
max	15,64	23,78	5,28	0,093	17,616	43,64
min	-694,77	-24,42	-9,55	-0,142	-16,493	-45,096

4.5.2.3 Reaksi Perletakan

Tabel 4.14 Rekap Reaksi Perletakan

Reaksi Perletakan						
KN,m	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
max	102,48	134,53	38896,64	486382,3	147,955	2,663
min	-75,81	-218,04	0,35	-169,031	-486208	-3,085

4.6 Perencanaan Tulangan

4.6.1 Balok

Balok terdiri dari tulangan lentur dan tulangan geser, dalam perencanaan tulangan kita mendesign tulangan lentur berdasarkan momen yang bekerja dan tulangan geser berdasarkan gaya geser yang bekerja. Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan tulangan lentur dan tulangan geser balok :

1. Tulangan Lentur

$$\left(0,59 \cdot \frac{(1 - \delta)^2 \cdot f_y^2}{f_c'}\right) \rho^2 - \left((1 - \delta) f_y + \delta \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{d}{d'}\right) \right) \rho + \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = 0$$

Dari persamaan diatas diambil nilai ρ yang terkecil dan bernilai positif.

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) + \rho' \cdot \frac{f_s'}{f_y}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y}$$

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

Syarat : $\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

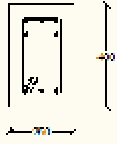

$$A_s' = \delta \cdot \rho \cdot b \cdot d$$

2. Tulangan Geser



$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d$$

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

Berdasarkan Tabel 4.6 dan Tabel 4.7, gaya dalam yang didapat digunakan sebagai beban ultimate yang bekerja pada struktur. Untuk nilai V_u , diambil berdasarkan dari ETABS 9.7.1. sehingga didapat jumlah tulangan sebagai berikut. Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 2**.

BALOK UTAMA 400 mm X 250 mm		
Beton $f_c' = 29,6 \text{ MPa}$ Besi Ulir $f_y = 390 \text{ MPa}$		
Lokasi	Tumpang	Lempengan
Tul. Lentur Atas	2D16 mm	2D16 mm
Tul. Bawah	-	-
Tul. Lentur Bawah	2D16 mm	4D16 mm
Tul. Shearbar	Ø8-100 mm	Ø8-150 mm

Gambar 4.23 Tulangan Balok Utama 400 X 250

BALOK ANAK 250 mm X 150 mm		
Beton $f_c' = 29,6 \text{ MPa}$ Besi Ulir $f_y = 390 \text{ MPa}$		
Lokasi	Tumpang	Lempengan
Tul. Lentur Atas	2D16 mm	2D16 mm
Tul. Bawah	-	-
Tul. Lentur Bawah	2D16 mm	2D16 mm
Tul. Shearbar	Ø8-100 mm	Ø8-100 mm

Gambar 4.24 Tulangan Balok Anak 250 X 150

4.6.2 Kolom

Dalam perencanaan tulangan lentur kolom menggunakan diagram interaksi P vs M, dimana pada perencanaan awal digunakan dimensi kolom sebagai berikut :

1. kolom 1 (600 x 600) mm
2. kolom 2 (500 x 500) mm
3. kolom 3 (400 x 400) mm

Namun ketika dilakukan perhitungan nilai rasio tulangan kolom, nilai nilai $\rho_{min} > \rho$, sehingga mengharuskan untuk memperkecil penampang kolom. Sehingga didapat dimensi kolom yang memenuhi persyaratan yaitu :

1. kolom 1 (550 x 550) mm
2. kolom 2 (450 x 450) mm
3. kolom 3 (400 x 400) mm

Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 2**.

sedangkan untuk tulangan geser mengikuti syarat yang telah diatur SNI 2847:2013 tentang kekuatan geser.

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right) \lambda (\sqrt{f_c'}) (b \cdot d)$$

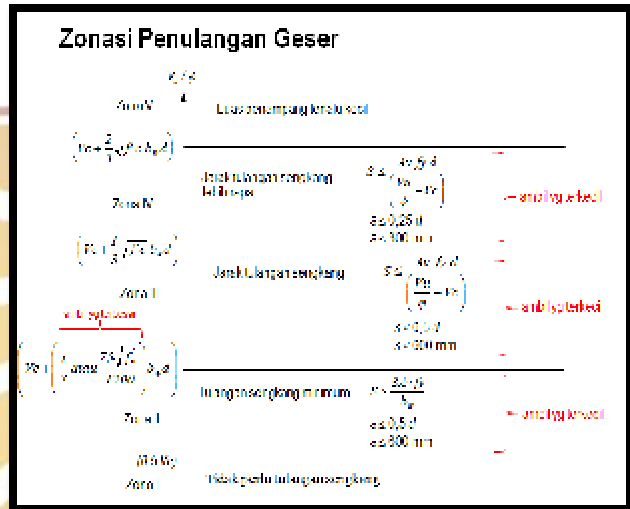
$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

Nilai V_u diambil berdasarkan dari ETABS 9.7.1. untuk kapasitas geser dikolom sebagai berikut. Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 2**.

$$V_n = V_c + V_s \quad \Rightarrow \quad \phi V_n = \phi (V_c + V_s)$$

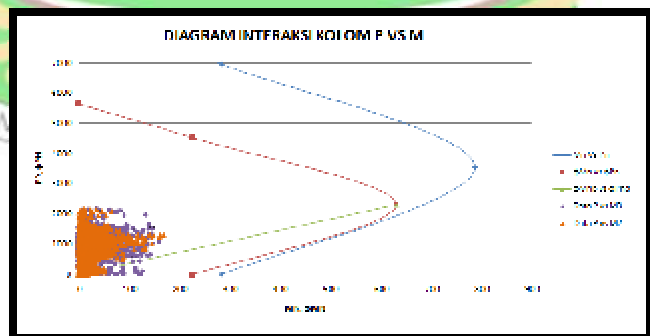
$$\phi V_n \geq V_u$$

Untuk menghitung jarak antar sengkang pada balok maupun kolom dapat digunakan zonasi penulangan geser seperti pada **Gambar 4.25**



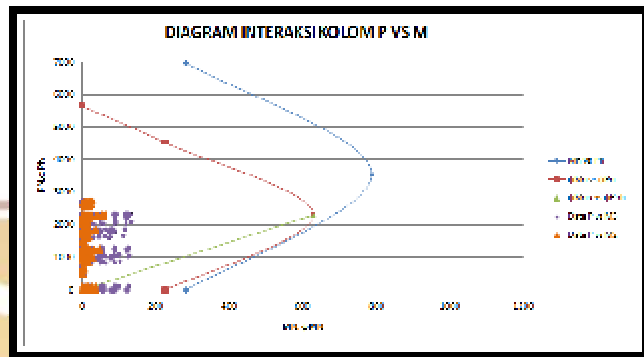
Gambar 4.25 Gambar Zonasi Penulangan Geser Kolom dan Balok

Kolom Lantai 1 dan 2 Eksterior

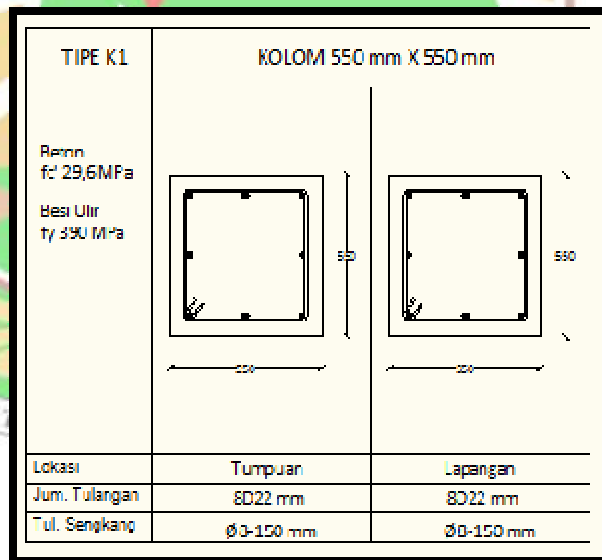


Gambar 4.26 Diagram Interaksi P vs M Kolom 550 X 550

Kolom Lantai 1 dan 2 Interior

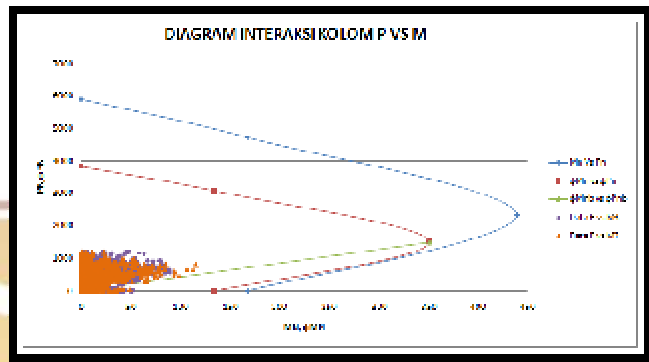


Gambar 4.27 Diagram Interaksi P vs M Kolom 550 X 550



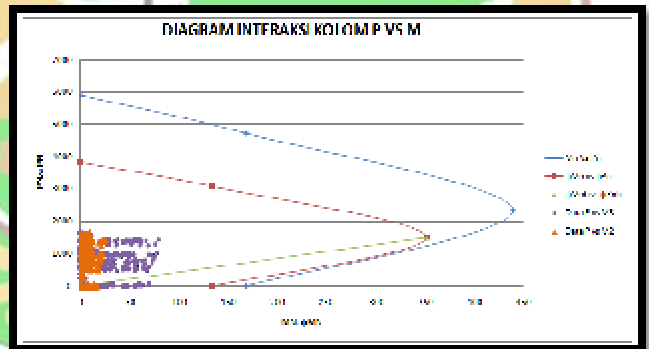
Gambar 4.28 Tulangan Kolom 550 X 550

Kolom Lantai 3 dan 4 Eksterior



Gambar 4.29 Diagram Interaksi P vs M Kolom 450 X 450

Kolom Lantai 3 dan 4 Interior

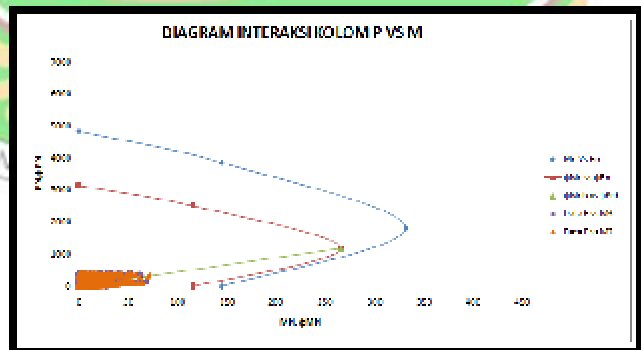


Gambar 4.30 Diagram Interaksi P vs M Kolom 450 X 450

Tipe K2	KOLOM 450 mm X 450 mm	
Beton $f'_{c} = 29,5 \text{ MPa}$ Besi Ulir $f_{y} = 390 \text{ MPa}$		
Lokasi	Tumpuan	Lapangan
Jum. Tulangan	8D19 mm	8D19 mm
Tul. Sangkang	$\phi 8-150 \text{ mm}$	$\phi 8-150 \text{ mm}$

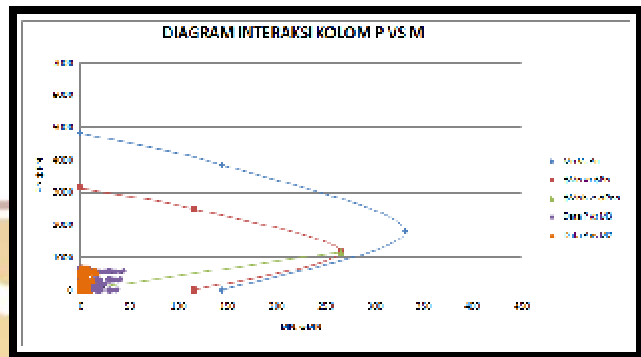
Gambar 4.31 Tulangan Kolom 450 X 450

Kolom Lantai 5 dan 6 Eksterior



Gambar 4.32 Diagram Interaksi P vs M Kolom 400 X 400

Kolom Lantai 5 dan 6 Interior



Gambar 4.33 Diagram Interaksi P vs M Kolom 400 X 400

TIPE K3		KOLOM 400 mm X 400 mm	
Beton $f_c' 29,6 \text{ MPa}$ Besi Ulir $f_y 390 \text{ MPa}$			
Lokasi	Tumpuan	Lapangan	
Jumlah Tulangan	8D19 mm	8D19 mm	
Tinggi Senggang	Ø8-150 mm	Ø8-150 mm	

Gambar 4.34 Tulangan Kolom 400 X 400

4.6.3 Pelat Lantai

Pada desain tulangan pelat lantai tidak digunakan gaya dalam yang berasal dari analisis struktur, melainkan dari pembebanan beban mati dan beban hidup yang bekerja, kemudian dihitung menggunakan Metode Desain Langsung yang berasal dari SNI 2847:2013 Pasal 13.6.

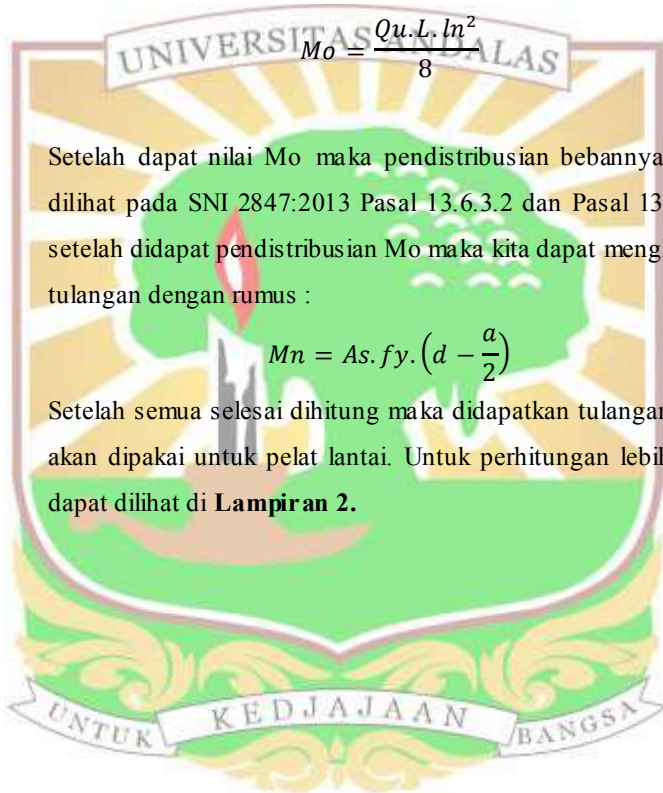
Metode Desain Langsung menggunakan pendekatan koefisien momen untuk menghitung momen-momen positif dan negatif pada pelat. Metode ini paling sederhana namun ada betasan-batasan yang harus diperhatikan, seperti:

- a. Jumlah bentang minimum pelat disetiap arah = 3 (minimum 3 x 3 panel).
- b. Panel pelat berbentuk persegi dengan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek ≤ 2 .
- c. Panjang bentang panel pelat yang bersebelahan tidak boleh berbeda melebihi 1/3 bentang terpanjang (di masing-masing arah).
- d. Kolom boleh menyimpang dari pola grid persegi sebesar maksimum 0,1 kali bentang yang paralel terhadap penyimpangan tersebut.
- e. Beban hidup layan (tak terfaktor) dibatasi maksimum sebesar dua kali beban mati layan.
- f. Untuk panel pelat dengan balok sebagai tumpuan disemua sisinya, kekakuan relatif balok di dua arah yang saling tegak lurus, yaitu:

$$\frac{a_1 l_2^2}{a_2 l_1^2}$$

tidak boleh kurang dari 0,2 dan tidak boleh lebih dari 5,0

g. Beban yang bekerja pada pelat hanya beban gravitasi saja.

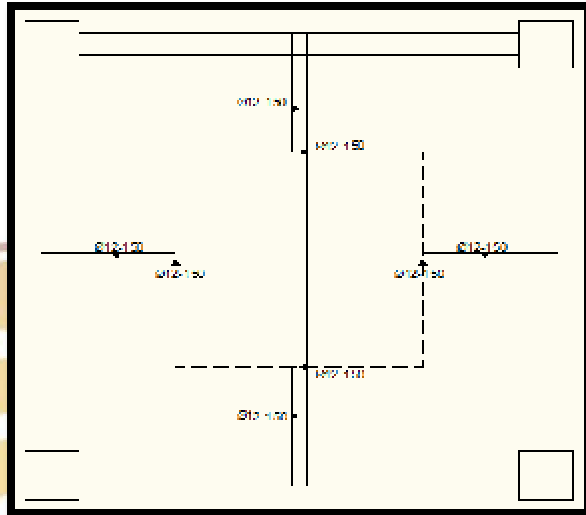


$$M_o = \frac{Q_u \cdot L \cdot l_n^2}{8}$$

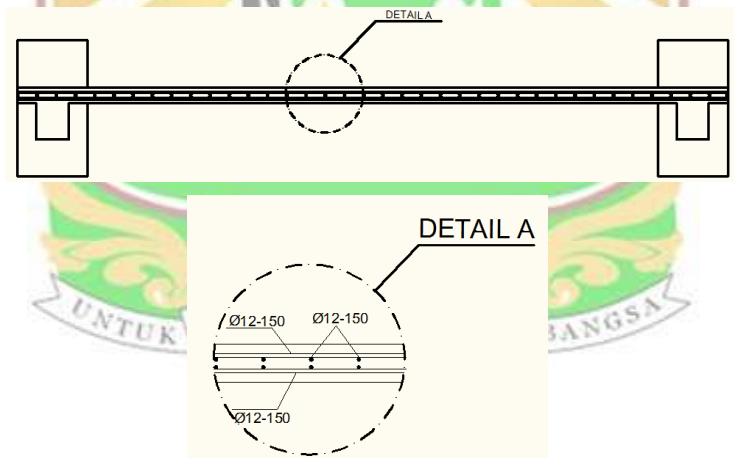
Setelah dapat nilai M_o maka pendistribusian bebannya dapat dilihat pada SNI 2847:2013 Pasal 13.6.3.2 dan Pasal 13.6.3.3. setelah didapat pendistribusian M_o maka kita dapat menghitung tulangan dengan rumus :

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Setelah semua selesai dihitung maka didapatkan tulangan yang akan dipakai untuk pelat lantai. Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 2**.



Gambar 4.35 Penulangan Pelat Lantai



Gambar 4.36 Detail Penulangan Pelat Lantai

4.7 Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur

Rancangan anggaran biaya adalah perkiraan atau estimasi kita terhadap biaya yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan. Rencana anggaran biaya pada bagian ini dibatasi hanya pada struktur atas saja, seperti kolom, balok dan pelat lantai. Harga satuan pekerjaan (HSP) yang digunakan berasal dari kota Padang Triwulan I 2017. Untuk lebih rincinya dapat di lihat di **Lampiran 3**.

Tabel 4.15 Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

REKAP BILL OF QUANTITY SRPMB		
NO	PEKERJAAN	HARGA
1	PEKERJAAN BETON BERTULANG	Rp 6.740.574.151
	TOTAL	Rp 6.740.574.151
	PPN 10%	Rp 674.057.415
	JUMLAH	Rp 7.414.631.566
	DIBULATKAN	Rp 7.414.632.000
TERBILANG	TUJUH MILYAR EMPAT RATUS EMPAT BELAS JUTA ENAM RATUS TIGA PULUH DUA RIBU	

Tabel 4.16 Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

REKAP BILL OF QUANTITY SRPMM		
NO	PEKERJAAN	HARGA
1	PEKERJAAN BETON BERTULANG	Rp 6.886.564.506
	TOTAL	Rp 6.886.564.506
	PPN 10%	Rp 688.656.451
	JUMLAH	Rp 7.575.220.956
	DIBULATKAN	Rp 7.575.221.000
TERBILANG	TUJUH MILYAR LIMA RATUS TUJUH PULUH LIMA JUTA DUA RATUS DUA PULUH SATU RIBU	

Tabel 4.17 Rekap Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus


REKAP BILL OF QUANTITY SRPMK		
NO	PEKERJAAN	HARGA
1	PEKERJAAN BETON BERTULANG	Rp 7.203.864.296
	TOTAL	Rp 7.203.864.296
	PPN 10%	Rp 720.386.430
	JUMLAH	Rp 7.924.250.725
	DIBULATKAN	Rp 7.924.251.000
TERBILANG	TUJUH MILYAR SEMBILAN RATUS SEMBILAN BELAS JUTA EMPAT RATUS TUJUH PULUH LIMA RIBU	

Dari ketiga hasil rekap rancangan anggaran biaya (RAB) struktur pada masing-masing sistem rangka pemikul momen, dapat disimpulkan bahwa selisih Rancangan Anggaran Biaya Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah yaitu sekitar Rp. 160.589.000,00 dan selisih Rancangan Anggaran Biaya Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yaitu sekitar Rp. 509.619.000,00

4.8 Volume Beton dan Baja Tulangan

Volume adalah jumlah yang dibutuhkan untuk suatu bangunan. Untuk volume beton biasanya digunakan dalam satuan m³ sedangkan volume baja tulangan biasanya digunakan dalam satuan Kg. Pada tabel 4.18 dapat dilihat volume beton dan baja tulangan yang dibutuhkan untuk suatu gedung pada masing-masing Sistem Rangka Pemikul Momen. Untuk perhitungan lebih rinci dapat dilihat di **Lampiran 3**.

Tabel 4.18 perbandingan perhitungan rasio tulangan terhadap volume beton struktur gedung dari ketiga sistem struktur



JURUSAN/FAKULTAS	NOMOR	SISTEM RANGKA PEMULU MOMEN BIASA			SISTEM RANGKA PEMULU MOMEN KHUSUS			SISTEM RANGKA PEMULU MOMEN MENENGAH			
		MOMEN			MOMEN			MOMEN			
		V_{u1}	V_{u2}	V_{u3}	V_{u1}	V_{u2}	V_{u3}	V_{u1}	V_{u2}	V_{u3}	
02.001	183.32	1738.155	89.165	1.006	102.529	1.535	0.021	5070.169	1.907	0.712	0.001
Tulangan Beton	183.32	2048.240	29.248	1.256	106.622	2.627	0.024	31.881.140	1.110	0.650	0.000
Sel. Tula	183.32	3982.395	108.413	1.077	209.143	2.001	0.023	8398.315	275.677	1.427	0.004
02.001	183.319	2027.971	117.275	1.276	2000.833	1.592	0.029	53125.715	171793	1.718	0.375
Tulangan Beton	183.319	1.643.919	34.263	1.040	11.411.440	0.144	0.020	31.101.842	16.244	0.041	0.000
Sel. Tula	183.319	3669.890	151.538	1.316	2111.273	1.736	0.028	84227.556	178.037	1.759	0.346
02.001	183.315	3382.331	116.591	1.091	3382.331	1.191	0.021	59333.317	149392	1.499	0.001
Sel. Tula	183.315	3844.334	145.244	1.044	3844.334	1.454	0.021	54033.314	145.341	1.494	0.001
TOTAL	550.954	10028.076	401.115	1.070	8610.413	1.703	0.020	188827.026	810746	171.267	1.463

Dibuat:
 di Semarang tanggal 14 Desember
 1988 oleh: **Dr. H. S. S. S.**

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa selisih rasio tulangan sistem rangka pemikul momen biasa dengan sistem rangka pemikul momen menengah adalah sebesar 0,360 % dan selisih rasio tulangan sistem rangka pemikul momen biasa dengan sistem rangka pemikul momen khusus adalah sebesar 0,615 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perencanaan yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Gedung ini dirancang berdasarkan sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dengan jenis struktur beton bertulang.
- 2) Untuk simpangan antar lantai telah memenuhi syarat SNI yang berlaku
- 3) Ukuran balok yang didapatkan adalah :
 - Balok utama (400 x 250) mm
 - Balok anak (250 x 150) mm
- 4) Ukuran kolom yang didapatkan adalah :
 - Lantai 1 dan 2 (550 x 550) mm
 - Lantai 3 dan 4 (450 x 450) mm
 - Lantai 5 dan 6 (400 x 400) mm
- 5) Tebal pelat yang didapatkan adalah 120 mm
- 6) Rancangan Anggaran Biaya (RAB) Struktur yang didapatkan adalah :
 - Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa Rp. 7,414,632,000
 - Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah Rp. 7,575,221,000

- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Rp. 7.924,251,000

7) volume beton dan baja tulangan yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Untuk volume beton yang didapatkan pada masing-masing sistem rangka pemikul momen adalah sama, yaitu :

- Balok 189,919 m³
- Kolom 191,52 m³
- Pelat lantai 392,385 m³

Untuk rasio berat tulangan terhadap beton yang didapatkan adalah :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa
 - Balok 151,828 Kg/m³
 - Kolom 108,733 Kg/m³
 - Pelat lantai 149,392 Kg/m³
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
 - Balok 198,170 Kg/m³
 - Kolom 208,056 Kg/m³
 - Pelat lantai 149,392 Kg/m³
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus
 - Balok 236,437 Kg/m³
 - Kolom 273,417 Kg/m³
 - Pelat lantai 149,392 Kg/m³

5.2 Saran

Dari pembuatan tugas akhir ini sebaiknya jika ingin membandingkan hasil yang didapat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus sebisa mungkin design nya seoptimal mungkin, agar hasil yang didapatkan lebih akurat.



DAFTAR KEPUSTAKAAN

- [1] Badan Standarisasi Nasional. “*Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013”. BSN: Jakarta. 2013.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. “*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012”. BSN: Bandung. 2012.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. “*Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*, SNI 1727:2013”. BSN: Jakarta. 2013.
- [4] Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. “*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983*”. Jakarta. 2002
- [5] Imran, Iswandi, Fajar Hendrik. “*Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*”. ITB: Bandung. 2014.
- [6] Melinda, Annisa Prita. “*Desain Struktur Atas Gedung Beton Bertulang Dengan Konsep Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*”. Padang: Unand. 2016
- [7] Saputra, Yoga. “*Desain Struktur Gedung Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Andalas*”. Padang: Unand. 2016

[8] Izzah, Nurul. “ *Desain Elemen Struktur Bangunan Gedung Dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)*”. Padang: Unand. 2017

[9] Yani, Rahmad. “ *Desain Elemen Struktur Bangunan Gedung Dengan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*”. Padang: Unand. 2017 (*Inprogress*)



