

EVALUASI DESAIN STRUKTUR GEDUNG MAHASISWA  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU BERDASARKAN  
SNI 1726 : 2012

ADIAN SIREGAR  
NPM : 113110401

**Abstrak**

Banyaknya kejadian gempa yang terjadi di Pulau Sumatera khususnya Provinsi Sumatera Barat dan Jambi yang berdampak getaran gempanya di Kota Pekanbaru dapat mengakibatkan bangunan gedung mengalami kerusakan. Dalam mewujudkan visi dan misi untuk menjadi Universitas terbaik. Universitas Islam Riau terus meningkatkan sarana dan prasarana penunjang aktifitas mahasiswa di lingkungan kampus. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan membangun beberapa gedung baru seperti Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau.

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi desain struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau berdasarkan SNI 1726 : 2012 dengan data sekunder gambar dan sondir, dengan menghitung besar gempa yang dipikul struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau berdasarkan SNI 1726 : 2012 dengan priode ulang 2500 tahun dengan menggunakan metode statis ekuivalen, diawali dengan penentuan Katagori Desain Seismik (KDS) untuk wilayah pekanbaru dan asumsi dasar penahan beban lateral yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK), setelah itu dilakukan evaluasi desain struktur berupa evaluasi detailing komponen stuktur dan Stornq Column Weak Beam (SCWB) Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau yang meliputi persyaratan geometri, tulangan letur, dan tulang transversal pada balok dan kolom apakah sudah memenuhi persyaratan agar mampu menerima gaya dalam yang diakibatkan oleh beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 03-2847-2002.

Berdasarkan hasil analisa di gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau didapat, hasil analisa menggunakan SNI 1726 : 2012, didapatkan gaya geser dasar gempa ( $V$ ) yang dipikul oleh struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau sebesar 21,852 ton. Hasil analisa menggunakan SNI 03-2847-2002, *detailing* komponen struktur balok pada setiap portal yang ditinjau yang meliputi geometri balok, tulangan lentur, tulangan geser, dan tulangan torsi telah memenuhi persyaratan. Selain itu *detailing* komponen struktur kolom, tulangan lentur dan tulangan geser juga telah memenuhi persyaratan di mana gaya – gaya yang bekerja pada struktur lebih kecil dari gaya yang direncanakan. hasil analisa menggunakan SNI 03-2847-2002, didapatkan nilai – nilai momen nominal maksimal kolom ( $M_e$ ) lebih besar dari 6/5 momen nominal balok ( $M_g$ ) pada setiap kolom dan balok yang saling bertemu disetiap portal yang ditinjau, sehingga telah memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* (SCWB).

**Kata kunci:** SCWB, SRPMK, *detailing*, struktur, SNI 1726 : 2012, SNI 03-2847-2002, gempa

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya berupa akal, pikiran serta kesehatan jasmani dan rohani kepada penulis sehingga tetap bersemangat untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan harapan. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW, berkat perjuangan beliau kita bisa menikmati manisnya ilmu pengetahuan hingga saat ini. Melalui proses yang panjang akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Evaluasi Desain Struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau Berdasarkan SNI 1726 : 2012”** yang disusun sebagai persyaratan mengikuti kurikulum akademis pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sebagai syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST).

Mengingat keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>ABSTRAK</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Keaslian Penelitian .....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	<b>9</b>
3.1 Umum .....	9
3.2 Beton Bertulang .....	10
3.3 Pembebanan Struktur .....	10
3.4 Beban Mati .....	11
3.5 Beban Hidup .....	14
3.6 Beban Gempa .....	18
3.6.1 Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012 .....	18



3.6.2	Gempa Rencana.....	19
3.6.3	Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) dan Kategori Resiko Struktur Bangunan.....	19
3.6.4	Prameter Percepatan Gempa ( $S_s, S_1$ ).....	21
3.6.5	Kelas Situs (SA-SF) .....	22
3.6.6	Kelas Situs SC, SD, dan SE .....	23
3.6.7	Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCER$ ) Koefisien - Koefisien Situs dan Paramater - Parameter Respons Spektral Percepatan.....	24
3.6.8	Parameter Percepatan Spektral Desain .....	24
3.6.9	Spektrum Respons Desain .....	25
3.6.10	Kategori Desain Seismik (A-D).....	26
3.6.11	Faktor Reduksi .....	28
3.6.12	Perioda Fundamental ( $T$ ) .....	29
3.6.14	Distribusi Vertikal Gaya Gempa .....	32
3.6.15	Distribusi Horizontal Gaya Gempa .....	33
3.6.16	Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	33
3.6.17	Pemeriksaan Waktu Getar Struktur .....	35
3.6.18	Kombinasi Pembebanan Untuk Metode Ultimit.....	35
3.6.19	Pengaruh Beban Gempa .....	36
3.6.20	Konsep Desain Terhadap Beban Gempa .....	39
3.6.21	Persyaratan Material Kontruksi.....	40
3.7	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	40
3.7.1	Persyaratan Geometri .....	40
3.7.2	Persyaratan Tulangan Lentur .....	41
3.7.3	Analisa Tulangan Lentur .....	42



3.7.4	Persyaratan Tulangan Transversal .....	45
3.7.5	Persyaratan Kuat Geser Untuk Komponen Struktur Lentur .....	46
3.7.6	Analisa Tulangan Geser.....	48
3.7.7	Analisa Tulangan Torsi (Puntir).....	50
3.8	Persyaratan Detailing Komponen Struktur Kolom SRPMK .....	52
3.8.1	Persyaratan Geometri .....	52
3.8.2	Persyaratan Tulangan Lentur .....	52
3.8.3	Analisa Tulangan Lentur .....	53
3.8.4	Persyaratan Tulangan Geser .....	58
3.8.5	Analisa Tulangan Geser.....	58
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>		<b>62</b>
4.1	Lokasi Penelitian .....	62
4.2	Pengumpulan Data .....	62
4.3	Uraian Penelitian .....	63
4.3.1.	Analisa Beban Gempa .....	63
4.3.2.	Analisa Gaya Dalam.....	65
4.3.4.	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	71
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>75</b>
5.1	Analisa Beban Pada Struktur .....	75
5.2	Berat Total Bangunan.....	75
5.3	Analisa Gaya Gempa Lateral Berdasarkan SNI 1726 : 2012 .....	76
5.4	Kombinasi Pembebanan Metode Ultimit.....	76
5.5	Analisa <i>Detailing</i> Komponen Struktur Balok.....	77
5.6	Analisa <i>Detailing</i> Komponen Struktur Kolom .....	81

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>87</b>
6.1 Kesimpulan .....	87
6.2 Saran .....	88



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Banyaknya kejadian gempa yang terjadi di Pulau Sumatera khususnya Provinsi Sumatera Barat dan Jambi yang berdampak getaran gempanya di Kota Pekanbaru dapat mengakibatkan bangunan gedung mengalami kerusakan. Dalam mewujudkan visi dan misi untuk menjadi Universitas terbaik. Universitas Islam Riau terus meningkatkan sarana dan prasarana penunjang aktifitas mahasiswa di lingkungan kampus. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan membangun beberapa gedung baru seperti Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau.

Untuk menghindari kerusakan bangunan gedung akibat gempa bumi terutama di daerah Kota Pekanbaru, maka telah dikeluarkan standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung yang dijadikan Standar Nasional Indonesia SNI 1726 : 2012. Dengan adanya pembaruan Standar Nasional Indonesia tentang pemetaan wilayah gempa untuk seluruh Indonesia terjadi pergeseran dalam menentukan wilayah gempa. Menurut SNI 1726:2012 ada beberapa kota atau kabupaten di Provinsi Riau sudah mengalami pergeseran ke wilayah 3.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi desain struktur berupa evaluasi *detailing* komponen struktur dan *Strong Column weak Beam* (SCWB) yang meliputi persyaratan geometri, tulangan lentur, dan tulangan geser pada balok dan kolom apakah sudah memenuhi persyaratan agar mampu menerima gaya dalam yang diakibatkan oleh beban gempa berdasarkan standar peraturan terbaru SNI 1726 : 2012.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan.

1. Berapa besarnya beban gempa rencana Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau yang mengacu pada Peta Gempa SNI - 1726-2012.



2. Berapa besarnya gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau dengan menggunakan program etabs versi 9.7.4?
3. Bagaimana terpenuhinya persyaratan *detailing* dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) komponen struktur gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau berdasarkan SNI 03-2847-2002 .

### 1.3 Tujuan Penelitian

Dari hasil masalah diatas didapat tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Menghitung besarnya gempa yang terjadi pada gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau.
2. Menghitung besarnya gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau.
3. Mengevaluasi terpenuhinya persyaratan *detailing* dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) komponen struktur gedung Mahasiswa UIR berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban gravitasi dan gempa.
2. Perencanaan terhadap beban hidup berpedoman pada SNI 1727 : 2013 dan beban mati berpedoman pada PPPURG SKBI - 1987.
3. Sistem struktur dasar penahan beban lateral pada gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau diasumsikan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
4. Analisa hubungan balok - kolom (HBK) tidak dilakukan dalam penelitian ini dan dibatasi hingga analisa *Strong Column Weak Beam* (SCWB).
5. Perhitungan gaya dalam pada struktur gedung menggunakan program Etabs Versi 9.7.4.
6. Struktur pondasi tidak dihitung pada penelitian ini.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti, dapat mengetahui tentang cara perencanaan bangunan gedung tahan gempa berdasarkan SNI 1726 – 2012.
2. Bagi pelaku konstruksi, penelitian ini dapat dijadikan referensi dan acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan gedung tahan gempa dengan memperhitungkan beban gempa rencana sehingga dapat memitigasi kerusakan bangunan saat terjadi gempa bumi.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan pengkajian kembali literatur pada penelitian sebelumnya. Sesuai dengan arti tersebut, tinjauan pustaka berfungsi sebagai landasan buat peneliti untuk menjelaskan teori, permasalahan dan tujuan penelitian yang terkait dalam evaluasi desain struktur. Dasar tinjauan ini sendiri diambil dari referensi buku – buku terkait dan peraturan – peraturan standar yang berlaku.

### 2.2 Penelitian Sebelumnya

Tinjauan pustaka berupa penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi untuk menghindari terjadinya duplikasi ataupun pengulangan penelitian. Dalam penelitian ini menyajikan beberapa hasil penelitian terdahulu yaitu oleh, Dicky Nanda Putra (2017), Syahnandito (2014), Septiantoni (2014), Wibowo (2012), dan Rambe (2009)

**Putra (2017)**, meneliti tentang “*Tinjauan Ulang Terhadap Pondasi Tiang BOR (Bored File) Pada Pembangunan Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau Dengan Metode Elemen 2D Aksisimetri*”. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung daya dukung pondasi bored pile dan perpindahan yang terjadi dengan metode elemen hingga menggunakan PLAXIS 2D. Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa kapasitas daya dukung aksial pada titik sondir 1 yaitu sebesar 323,072 kN dan kapasitas daya dukung aksial pada titik sondir 2 yaitu sebesar 432,823 kN sedangkan daya dukung lateral pada titik sondir 1 didapat yaitu sebesar 125,016 kN pada titik sondir 2 yaitu sebesar 190,703 kN dan penurunan pada titik sondir 1 yaitu 40,04 mm dan pada titik sondir 2 yaitu 6,81 mm. Jadi defleksi horizontal yang terjadi pada titik sondir 1 dan 2 belum memenuhi syarat yang di iijinkan.

**Syahnandito (2014)**, meneliti tentang “*Evaluasi Desain Struktur Gedung Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau Terhadap Gempa Berdasarkan SNI 1726 - 2012*”. Peneliti bertujuan mengevaluasi gedung berdasarkan SNI

1726:2012, dan mengevaluasi *detailing* komponen struktur dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) sudah memenuhi syarat dan struktur gedung aman terhadap gaya dalam yang disebabkan oleh beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 serta menganalisa besarnya beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 pada gedung Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau. Hasil dari evaluasi desain struktur tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

**Tabel 2. 1** Beban Gempa Statik Ekuivalen Nominal Untuk Arah X dan Y (Syahnandito,2014)

Tingkat	Arah X (ton)	Arah Y (ton)
Lantai dak	11,192	11,137
Lantai 3	82,881	82,632
Lantai 2	87,689	87,727
Lantai 1	41,726	41,991

Dari tabel 2.1 didapatkan beban paling besar terjadi pada lantai 2 yaitu 87,689 ton untuk arah X dan 87,727 untuk arah Y. sedangkan yang terkecil pada lantai dak sebesar 11,192 ton untuk arah X dan 11,137 untuk arah Y.

Dari perhitungan didapatkan gaya geser dasar gempa ( $V$ ) yang dipikul oleh struktur gedung Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau sebesar 223,487 ton. Berdasarkan hasil analisa menggunakan SNI 03-2847-2002, *detailing* komponen struktur balok dan struktur kolom pada setiap portal yang ditinjau yang meliputi geometri, tulangan lentur, tulangan geser dan tulangan torsi telah memenuhi persyaratan dimana gaya-gaya yang bekerja pada struktur lebih kecil dari pada gaya-gaya yang direncanakan. Selain itu juga diperoleh nilai-nilai momen nominal maksimal kolom ( $M_e$ ) lebih besar dari 6/5 momen nominal balok ( $6/5M_e$ ) pada setiap kolom dan balok yang saling bertemu disetiap portal yang ditinjau, sehingga telah memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* (SCWB). Jadi balok dan kolom telah memenuhi persyaratan dan aman dalam menerima beban gempa yang terjadi berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 03-2847-2002.

**Septiantoni (2014)**, meneliti tentang “*Analisa Beban Gempa Dasar (Base Shear) Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2012 Pada Struktur Gedung Rumah*

*Sakit Awal Bros Pekanbaru*". Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan besar beban gempa dasar dengan berdasarkan peta wilayah gempa Indonesia 2012 dan jenis tanah berupa tanah keras (Pasir Kelauan Sangat Padat/Sc) dengan nilai  $S_s$  yaitu 0,40 maka diperoleh  $F_a$  yaitu 1,20 sedangkan kategori seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1,0 detik dengan jenis tanah keras dan nilai  $S_1$  adalah 0,24 g maka didapatkan nilai  $F_v$  sebesar 1,65 dan termasuk kedalam kategori desain seismik (KDS) D. adapun gaya geser ( $V$ ) diperoleh sebesar 694,198 ton dan untuk distribusi gaya geser gempa pada masing-masing lantai dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.2** Distribusi gaya geser horizontal akibat beban gempa (Septiantoni, 2014)

Tingkat	$h_i$ (m)	$W_i$ (T)	$W_i \times h_i$ (Tm)	$F_i$ total (T)	1/6 $F_i$ (T) arah Y	1/12 $F_i$ (T) arah X
7/Atap	24,60	55,64	1.368,64	8,27	138	0,69
6/Dag	20,64	951,61	19.603,11	118,39	19,73	987
5	16,60	1.875,76	31.137,60	188,05	31,34	15,67
4	12,60	2.052,96	25.867,28	156,22	26,04	13,02
3	8,60	2.754,55	23.689,09	143,06	23,84	11,92
2	3,60	3.689,80	13.283,29	80,22	13,37	6,69

**Wibowo (2012)**, meneliti tentang "*Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), Studi Kasus : Rusunawa 2 Twin Balok Pringwulung Sleman Yogyakarta*". Dalam tugas akhir ini direncanakan struktur gedung beton bertulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) sesuai dengan SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002. Pada SRPMK diperoleh tulangan longitudinal balok B1 (300x500) dengan 5D25 tulangan tarik, 3D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 3D25 tulangan tarik 2D25 tulangan tekan pada bagian lapangan, balok B2 (300x500) dengan 5D25 tulangan tarik, 3D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 2D25 tulangan tarik, 2D25 tulangan tekan pada bagian lapangan, balok B3 (250x300) dengan 3D25 tulangan tarik, 2D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 2D25 tulangan tarik, 2D19



tulangan tekan pada bagian lapangan, kolom 700 dengan 20D19, kolom 600 dengan 16D19 dan kolom 500 dengan 16D16. Tulangan transversal kolom 700 adalah D12-120 sepanjang  $l_0$  dan D12-350 ditengah bentang, kolom 600 adalah D12-120 sepanjang  $l_0$  dan D12-200 ditengah bentang kolom 500 adalah D10-100 sepanjang  $l_0$  dan D10-200 ditengah bentang. Pada SRPMM diperoleh tulangan longitudinal balok B1 (300x500) dengan 6D25 tulangan tarik, 3D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 3D25 tulangan tarik 2D25 tulangan tekan pada bagian lapangan, balok B2 (300x500) dengan 6D25 tulangan tarik, 2D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 2D25 tulangan tarik, 2D25 tulangan tekan pada bagian lapangan, balok B3 (250x300) dengan 3D16 tulangan tarik, 2D25 tulangan tekan pada bagian tumpuan dan 2D16 tulangan tarik, 2D16 tulangan tekan pada bagian lapangan, kolom 700 dengan 18D19, kolom 600 dengan 14D19 dan kolom 500 dengan 14D16. Tulangan transversal kolom 700 adalah D12-70 sepanjang  $l_0$  dan D12-400 ditengah bentang, kolom 600 adalah D12-100 sepanjang  $l_0$  dan D12-200 ditengah bentang dan kolom 500 adalah D12-130 sepanjang  $l_0$  dan D12-400 ditengah bentang.

**Rambe (2009)**, meneliti tentang “*Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)*”. Dalam perencanaan struktur gedung pengaruh gempa merupakan salah satu hal yang penting untuk dianalisa terutama bangunan-bangunan yang berada dalam wilayah yang sering dilanda gempa besar. Mengingat bahwa wilayah Indonesia terletak didaerah yang rawan gempa. oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan yang baik terhadap bahaya gempa agar tidak terjadi tingkat kerusakan dan kerugian yang besar. Gaya gempa yang bekerja pada struktur bangunan model SRPMK lebih kecil dibandingkan dengan bangunan model SRPMM yaitu sebesar 4,6 %. Karena struktur bangunan model SRPMK direncanakan dengan faktor reduksi yang lebih besar, yaitu  $R= 8,5$ , sedangkan untuk SRPMM direncanakan dengan faktor reduksi yang lebih kecil, yaitu  $R= 5,5$ . Untuk perhitungan tulangan longitudinal balok 298 didapat hasil yang sama pada Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yaitu 5Ø19 untuk

tumpuan tarik, 4Ø19 untuk tumpuan tekan dan 4Ø19 untuk tumpuan lapangan. Untuk tulangan longitudinal kolom 184 didapat hasil yang sama untuk semua struktur yaitu 8Ø20. Sedangkan hasil SRPMK tulangan transversal pada balok 298 adalah 2Ø12-100 pada jarak 2h dan 2Ø12-120 diluar jarak 2h, untuk tulangan transversal kolom 184 adalah 4Ø13-100 sepanjang  $l_0$  dan 4Ø13-100 ditengah bentang. Dari hasil SRPMM tulangan transversal pada balok 298 adalah 1Ø12-120 pada jarak 2h dan 1Ø12-250 diluar jarak 2h, untuk tulangan transversal kolom 184 adalah 1Ø12-150 di sepanjang tengah bentang.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka yang diatas maka maka penelitian Tugas Akhir ini memiliki perbedaan dengan penelitian terlebih dahulu. Pada penelitian yang dilakukan oleh Syahnandito (2014) mengevaluasi apakah *detailing* komponen struktur dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) sudah memenuhi syarat dan struktur gedung aman terhadap gaya dalam yang disebabkan oleh beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 serta menganalisa besarnya beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 pada gedung Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau. Pada penelitian yang dilakukan oleh Rambe (2009), merencanakan struktur beton bertulang dengan sitem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan sistem Pemikul momen menengah (SRPMM). Pada penelitian yang dilakukan oleh Wibowo (2012), membandingkan Struktur Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang terletak di zona 4 dengan menggunakan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2002 dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 04-2847-2002. Sedangkan pada Tugas Akhir ini menganalisa besarnya beban gempa berdasarkan SNI 1726-2012 dan kemudian mengepaluasi apakah *detailing* komponen struktur dan *Strong Column Weak Beam* (SCWB) sudah memenuhi syarat dan struktur gedung aman terhadap gaya dalam yang disebabkan oleh beban gempa berdasarkan SNI 1726 : 2012 pada Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau

BAB II .....	4
TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Penelitian Sebelumnya .....	4
2.2 Keaslian Penelitian .....	8

<b>Tabel 2. 1</b> Beban Gempa Statik Ekuivalen Nominal Untuk Arah X dan Y (Syahnandito,2014).....	5
<b>Tabel 2.2</b> Distribusi gaya geser horizontal akibat beban gempa (Septiantoni, 2014) .....	6





## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Umum

Pada perencanaan struktur bangunan tahan gempa, perlu ditinjau 3 taraf beban gempa, yaitu gempa ringan, gempa sedang, dan gempa kuat. Untuk merencanakan elemen – elemen dari sistem struktur agar tetap mempunyai kinerja yang baik pada saat terjadi gempa. gempa ringan, gempa sedang, dan gempa kuat. Untuk keperluan prosedur perencanaan struktur didefinisikan sebagai berikut ini:

#### 1. Gempa Ringan

Gempa ringan adalah gempa yang peluang atau resiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 92% ( $RN=92\%$ ), atau gempa yang periode ulangnya 20 tahun ( $TR=20$  tahun). Akibat gempa ringan ini struktur bangunan harus berperilaku elastis, ini berarti bahwa pada saat terjadi gempa elemen – elemen struktur bangunan tidak diperbolehkan mengalami kerusakan struktural maupun non struktural. Pada saat terjadi gempa ringan penampang dan elemen – elemen pada sistem struktur dianggap tepat mencapai kapasitas nominalnya, dan akan berdeformasi lebih lanjut secara tidak elastis (inelastis) jika terjadi gempa ringan adalah 92 %, maka dapat dianggap bahwa selama umur rencananya, struktur bangunan pasti akan mengalami gempa ringan, atau risiko terjadinya Gempa Ringan adalah 100% ( $RN=100\%$ )

#### 2. Gempa Sedang

Gempa sedang adalah gempa yang peluang atau resiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 50% ( $RN=50\%$ ), atau gempa periode ulangnya adalah 75 tahun ( $TR=75$  tahun). Akibat gempa sedang ini struktur bangunan tidak boleh mengalami kerusakan struktural, namun diperkenankan mengalami kerusakan yang bersifat non struktural. Gempa sedang akan menyebabkan struktur bangunan sudah berperilaku tidak elastis, tetapi tingkat kerusakan struktur masih ringan dan dapat diperbaiki dengan biaya yang terbatas.

### 3. Gempa Kuat

Gempa kuat adalah gempa yang peluang atau risiko terjadinya dalam periode umur rencana bangunan 50 tahun adalah 2 % ( $RN=2\%$ ), atau gempa yang periode ulangnya 2500 tahun ( $TR=2500$  tahun). Akibat gempa kuat ini struktur bangunan dapat mengalami kerusakan struktur yang berat, namun struktur harus tetap berdiri dan tidak boleh runtuh sehingga korban jiwa dapat dihindari. Gempa kuat akan menyebabkan struktur bangunan akan berperilaku tidak elastis, dengan kerusakan struktur yang berat tetapi masih berdiri dan dapat diperbaiki.

#### 3.2 Beton Bertulang

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama beton. Nilai kekuatan serta daya tahan (*Durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur, dan kondisi perawatan pengerasannya (Dipohusodo, 1999).

Air yang digunakan untuk membuat beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam – garam, zat organik atau bahan – bahan lain yang bersifat merusak beton dan baja tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar bersih yang dapat diminum. Harap diperhatikan bahwa air yang berasal dari sumber alam tanpa pengolahan sering mengandung bahan – bahan organik, zat organik, dan zat – zat mengapung seperti lempung atau tanah liat, minyak, dan kotoran lain. (Dipohusodo, 1999).

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan

yang terutamaan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1999).

### 3.3 Pembebanan Struktur

Dalam merencanakan pembebanan digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726 : 2012).
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
3. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. (SNI 1727:2013).
4. Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut :
  - a) Beban mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang DL.
  - b) Beban hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang LL.
  - c) Beban gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E.

### 3.4 Beban Mati

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

#### 1. Berat Bahan Dan Konstruksi

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang.

#### 2. Berat Peralatan Layan Tetap

Dalam menentukan beban mati rencana, harus diperhitungkan berat peralatan layan yang digunakan dalam bangunan gedung seperti plambing,



mekanikal elektrik, dan alat pemanas, ventilasi, dan sistem pengondisian udara. (SNI 1727:2013)

### 3. Berat Sendiri Beban Mati

- a) Apabila beban mati memberikan pengaruh yang menguntungkan terhadap pengerahan kekuatan suatu struktur atau unsur struktur suatu gedung, maka beban mati tersebut harus diambil menurut Tabel 3.1. dengan mengalikannya dengan koefisien reduksi 0,9.
- b) Apabila beban mati sebagian atau sepenuhnya memberi pengaruh yang menguntungkan terhadap kemandapan suatu struktur atau unsur struktur suatu gedung, maka dalam meninjau kemandapan tersebut harus dikalikan dengan koefisien reduksi 0,9 (SKBI,1987).

**Tabel 3. 1** Berat Sendiri Bahan Bangunan (SKBI,1987)

No	Bahan bangunan	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )
A	B	C
1	Baja	7.850
2	Batu alam	2.600
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500
4	Batu karang (berat tumpuk)	700
5	Batu pecah	1.450
6	Besi tuang	7.250
7	Beton	2.200
8	Beton bertulang	2.400
9	Kayu (kelas I)	1.000
10	Kerikil, koral (kering sampai lembab, tanpa diayak)	1.650
11	Pasangan bata merah	1.700
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200
13	Pasangan batu cetak	2.200
14	Pasangan batu karang	1.450
15	Pasir (kering udara ampai lembab)	1.600
16	Pasir (jenuh air)	1.800



**Tabel 3.2** Berat Sendiri Komponen Gedung (SKBI,1987)

No	Komponen Gedung	Berat (Kg/M <sup>2</sup> )
A	B	C
1	Adukan, per cm tebal : a. Dari semen b. Dari kapur, semen merah atau tras	21 17
2	a. Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal. b. Dinding pasangan bata merah i. Satu Batu ii. Setengah Bata	14 450 250
4	Dinding pasangan batako : a) Berlubang i. Tebal dinding 20 cm (HB 20) ii. Tebal dinding 10 cm (HB 10) b) Tanpa Lubang i. Tebal dinding 15 cm ii. Tebal dinding 10 cm	200 120 300 200
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari : a) Semen asbes (eternit dan bahan lainnya), dengan tebal maksimum 4 mm b) Kaca, dengan tebal 3-5 mm	11 10
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dn untuk beban hidup maksimum 200 Kg/m <sup>2</sup>	40
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10
11	Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11

### 3.5 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung.

#### 1. Reduksi Beban Hidup Merata

$L$  (beban hidup rencana tereduksi) tidak boleh kurang dari  $0,50 L_0$  (beban hidup rencana tanpa tereduksi) untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan  $L$  tidak boleh kurang dari  $0,40 L_0$  untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih dari dua lantai.

**Tabel 3.3** Beban hidup terdistribusi merata minimum,  $L_0$  dan beban terpusat minimum. (SNI 1727 : 2013)

Hunian atau penggunaan	Merata (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat (kN)
A	B	C
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
a) Ruang kantor	2,40	8,9
b) Ruang komputer	4,79	8,9
Gudang persenjataan dan ruang latihan	7,18	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai)	4,79	
a) Lobi	4,79	
b) Kursi dapat dipindahkan	4,79	
c) Panggung pertemuan	4,79	
d) Lantai podium	7,18	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 4,79 kN/m <sup>2</sup>	
Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92	1,33
koridor	4,79	
-Lantai pertama	sama seperti pelayanan hunian	
-Lantai lain	kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran Hunian (lihat rumah tinggal)	4,9	

Tabel 3. 3 Lanjutan

A	B	C
a) Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in.x 2 in. [50 mmx50 mm])		1,33
b) Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan ( pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		0,89
a) Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	4,79	
b) Hunian satu keluarga saja	1,92	
Garasi/Parkir Truk dan bus Mobil penumpang saja	1,92	
Heliped	2,87 tidak boleh direduksi	
<b>Rumah sakit:</b>		
a) Ruang operasi, laboratorium	2,87	4,45
b) Ruang pasien	1,92	4,45
c) Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>		
<b>Perpustakaan</b>		
Ruang baca	2,8	4,45
Ruang penyimpanan	7,18	4,45
a) Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,45
<b>Pabrik</b>		
a) Ringan	6,00	8,90
b) Berat	11,97	13,40
<b>Gedung Perkantoran</b>		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang dengan beban yang lebih berat berdasarkan pada hunian.		
a) Lobi dan Koridor lantai pertama	4,79	8,9
b) Kantor	2,4	8,9
c) Koridor di atas lantai pertama	3,83	8,9

Tabel 3. 3 Lanjutan

A	B	C
<b>Lembaga hukum</b>		
a) Blok sel	1,92	
b) Koridor	4,79	
<b>Tempat rekreasi</b>		
a) Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	(3,59)	
b) Bangsal dansa dan Ruang dansa	(4,79)	
c) Gimnasium	(4,79)	
d) Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	(4,79)	
e) Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	(2,87)	
<b>Rumah tinggal</b>		
<b>Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)</b>		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	(0,48)	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	(0,96)	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	1,44	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92	
<b>Semua hunian rumah tinggal lainnya</b>		
a) Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	1,92	
b) Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	4,79	
<b>Atap</b>		
a) Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96	
b) Atap digunakan untuk taman atap	4,79	
c) Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	
d) Atap yang digunakan untuk hunian lainnya	0,24 tidak boleh direduksi	
e) Awning dan kanopi		



Tabel 3. 3 Lanjutan

A	B	C
f) Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 tidak boleh direduksi	
g) Rangka tumpu layar penutup	5 tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	0,89
a) Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai.	0,96	8,9
b) Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap di atas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi.		1,33
c) semua komponen struktur atap utama lainnya semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan.		1,33
<b>Sekolah</b>		
a) Ruang kelas	1,92	4,5
b) Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,5
c) Koridor lantai pertama	4,79	4,5
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		0,89
<b>Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>	(11,97)	(35,6)
a) Tangga dan jalan keluar	4,79	300
b) Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	1,92	300
<b>Gudang diatas langit-langit</b> Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	0,96	

**Tabel 3. 3** Lanjutan

A	B	C
a) Ringan	6,00	
b) Berat	11,97	
<b>Toko</b>		
Eceran		
i. Lantai pertama	4,79	4,45
ii. Lantai di atasnya	3,59	4,45
iii. Grosir, di semua lantai	6,00	4,45
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	2,87	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	4,79	

### 3.6 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu.

Untuk menganalisa pengaruh beban gempa rencana maka menggunakan metode analisa statik ekuivalen, analisa statik ekuivalen adalah cara analisa beban gempa dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horizontal untuk menirukan gaya yang sesungguhnya akibat pengaruh tanah. Pengaruh gempa dianalisa dengan metode ini bila struktur-struktur gedung sederhana dan beraturan serta tingginya tidak lebih dari 40 m.

#### 3.6.1 Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012

Dalam membangun sebuah gedung perlu memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang diisyaratkan. Berikut

merupakan penjelasan langkah-langkah perhitungan beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

### 3.6.2 Gempa Rencana

Pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewatinya sebesar 2% dengan umur struktur bangunan 50 tahun.

### 3.6.3 Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan faktor keutamaan ( $I_e$ ) menurut Tabel 3.4 dibawah ini.

**Tabel 3. 4** Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ). (SNI 1726:2012)

No	Kategori	Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ )
A	B	C
1	I Atau II	1,00
2	III	1,25
3	IV	1,50

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 3.5.

**Tabel 3. 5** Kategori Resiko Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Bangunan Gempa (SNI 1726:2012)

No	Jenis Pemamfaatan	Kategori resiko
A	B	C
1	Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain a. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan b. Fasilitas sementara c. Gedung penyimpanan d. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I



Tabel 3.5 Lanjutan

A	B	C
2	<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Perumahan</li> <li>b. Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>c. Pasar</li> <li>d. Gedung perkantoran</li> <li>e. Gedung apartamen/ rumah susun</li> <li>f. Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>g. Bangunan industri</li> <li>h. Fasilitas manufaktur</li> <li>i. pabrik</li> </ol>	II
3	<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Bioskop</li> <li>b. Gedung pertemuan</li> <li>c. Stadion</li> <li>d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unie 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang diisyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya.</li> </ol>	III
4	<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Bangunan-bangunan monumental</li> <li>b. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>c. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>d. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>e. Tepat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>f. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>g. Pusat pembangkit energy dan fasilitas publik lainnya yang</li> </ol>	IV

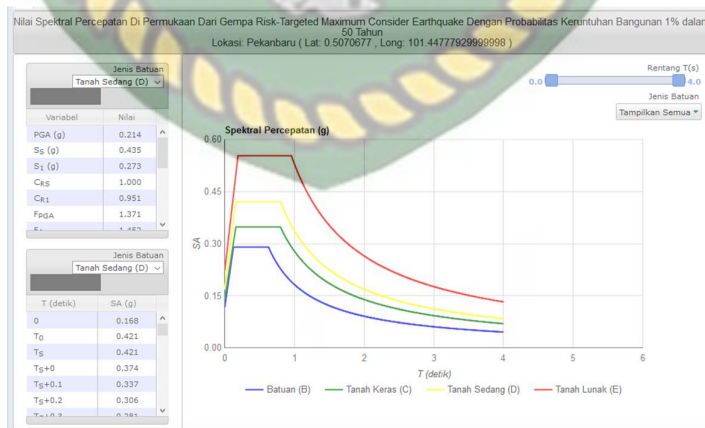


Tabel 3. 5 Lanjutan

A	B	C
	<p>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 diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat.</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori.</p>	IV

### 3.6.4 Parameter Percepatan Gempa ( $S_s$ , $S_1$ )

Parameter  $S_s$  (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2 % terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 % dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan desimal terhadap percepatan gravitasi. Untuk menentukan nilai  $S_s$  (Percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) dapat didownload secara otomatis pada aplikasi desain spektra Indonesia dengan masuk kesitus Puskim.pu.go.id dengan alamat <http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain-spektra-indonesia-2011/>, Kemudian bisa diisi dengan menggunakan koordinat lokasi gedung atau dengan nama kota lokasi gedung maka akan terlampir seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Tampilan Nilai  $S_s$  dan  $S_1$  (Aplikasi Desain Spektra Indonesia)

### 3.6.5 Kelas Situs (SA-SF)

Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah disitus harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.6 berdasarkan profil tanah lapisan 30 meter paling atas. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah dilapangan dan dilaboratorium dari parameter tanah yang tercantum dalam Tabel 3.6 apabila tidak tersedia data tanah yang spesifik pada situs sampai kedalaman 30 meter, maka sifat-sifat tanah harus diestimasi oleh seorang ahli geoteknik. Penetapan kelas situs SA dan kelas situs SB tidak dikenakan jika terdapat lebih dari 3 Meter lapisan tanah antara dasar telapak atau rakit pondasi dan permukaan batuan dasar.

**Tabel 3. 6** Klasifikasi Situs (SNI 1726:2012)

No	Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}_{atau}\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_U$ (Kpa)
A	B	C	D	E
1	SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
2	SB (batuan)	750 sampai 150	N/A	N/A
3	SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
4	SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50sampai100
5	SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
		Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 meter tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math></li> <li>2. Kasar air, <math>w \geq 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{S}_U &lt; 25 \text{ Kpa}</math></li> </ol>		
6	SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah.</li> </ol>		

**Tabel 3.6** Lanjutan

	2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $su < 50$ kPa
--	---

**3.6.6 Kelas Situs SC, SD, dan SE**

Penetapan kelas situs SC, SD, dan SE harus dilakukan dengan menggunakan sedikitnya hasil pengukuran dua dari tiga parameter  $\bar{V}_s$ ,  $\bar{N}$ , dan  $\bar{S}_u$ .

Nilai  $\bar{V}_s$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut :

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}} \dots \dots \dots (3.1)$$

Keterangan :

$d_i$  = tebal setiap lapisan antara kedalaman 0 sampai 30 meter

$v_{si}$  = kecepatan gelombang geser lapisan i dalam satuan m/detik

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ meter}$$

Nilai  $\bar{N}$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan :

$N_i$  adalah tahanan penetrasi standar 60% energy ( $N_{60}$ ) yang terukur langsung dilapangan tanpa koreksi, dengan nilai tidak lebih dari 305 pukulan/meter. Jika ditemukan perlawanan lapisan batuan, maka nilai  $N_i$  tidak boleh diambil lebih dari 305 pukulan/meter.

Nilai  $\bar{S}_u$  harus ditentukan sesuai dengan perumusan berikut:

$$\bar{S}_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{S_{ui}}} \dots \dots \dots (3.3)$$



Keterangan :

$d_c$  = ketebalan total dari lapisan-lapisan tanah kohesif di dalam lapisan 30 meter paling atas;

$S_{ui}$  = kuat geser niralir (kPa), dengan nilai tidak lebih dari 250 kPa seperti yang ditentukan dan sesuai dengan tata cara yang berlaku.

**3.6.7 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget (MCER) Koefisien - Koefisien Situs dan Paramater - Parameter Respons Spektral Percepatan**

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa *MCER* 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:

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s \dots\dots\dots (3.4)$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk perioda pendek.

$S_1$  = adalah parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 3.7 dan Tabel 3.8

**3.6.8 Parameter Percepatan Spektral Desain**

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek,  $SD_S$  dan pada perioda 1 detik,  $SD_1$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini

$$SD_S = \frac{2}{3} S_{ms} \dots\dots\dots (3.6)$$



$$SD_I = \frac{2}{3} S_{m1} \dots \dots \dots (3.7)$$

**Tabel 3. 7** Koefisien Situs Fa (SNI 1726:2012)

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

**CATATAN :**

- a Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier
- b SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik

**Tabel 3. 8** Koefisien Situs F<sub>v</sub> (SNI 1726:2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada perioda 1 detik, $S_I$				
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
<i>SC</i>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
<i>SD</i>	2,4	2	1,8	1,6	1,5
<i>SE</i>	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
<i>SF</i>	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN :**

- a Untuk nilai-nilai antara  $S_I$  dapat dilakukan interpolasi linier
- b SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik.

**3.6.9 Spektrum Respons Desain**

Kurva spektrum respons desain dibuat mengacu pada gambar 3.2 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 3.8 dibawah ini;

$$S_a = S_{Ds} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots \dots \dots (3.8)$$

2. Untuk periode 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 periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan :

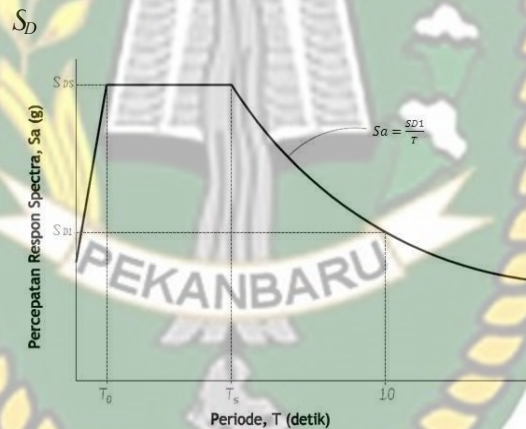
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$SD1$  = adalah parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  = Priode getar fundamental struktur

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

$T_s = S_{D1}/S_{DS}$



**Gambar 3. 2** Spektrum Respons Desain (SNI 1726:2012)

Alternatif lain untuk membuat kurva spektrum respons desain adalah dengan masuk ke situs *Puskim,pu.go.id* dengan alamat Seperti yang terdapat pada gambar 3.1.

### 3.6.10 Kategori Desain Seismik (A-D)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti pasal ini. Struktur dengan kategori resiko I, II atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektra percepatan terpetakan pada priode 1 detik,  $S_1$

lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori resiko IV yang berlokasi dimana respons spektral percepatan terpetakan pada priode 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 seismiknya berdasarkan kategori resikonya dan parameter respon spektral percepatan desainnya,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ , masing –masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada Tabel 3.9 atau Tabel 3.10 terlepas dari nilai priode fundamental getaran struktur,  $T$ .

**Tabel 3. 9** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726 : 2012)

No	Nilai $S_{DS}$	Kategori resiko	
		I atau II atau III	IV
A	B	C	D
1	$S_{DS} < 0,167$	A	A
2	$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
3	$0,33 \leq S_{DS} < 0,5$	C	D
4	$0,5 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 3. 10** Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik (SNI 1726 : 2012)

No	Nilai $S_{D1}$	Kategori resiko	
		I atau II atau III	IV
A	B	C	D
1	$S_{D1} < 0,067$	A	A
2	$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
3	$0,133 \leq S_{D1} < 0,2$	C	D
4	$0,2 \leq S_{D1}$	D	D

Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diijinkan untuk ditentukan sesuai Tabel 3.10 dimana berlaku semua ketentuan berikut:



1. Pada masing-masing dua arah orthogonal, perkiraan perioda fundamental struktur  $T_a$  adalah kurang dari  $0,8T_s$ .
2. Pada masing-masing dua arah orthogonal, perioda fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar lantai adalah kurang dari  $T_s$ .
3. Diafragma struktural adalah kaku atau diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertikal penahan gaya gempa tidak melebihi 12 m.

### 3.6.11 Faktor Reduksi

Setiap sistem penahan gaya gempa yang tidak termuat dalam Tabel 3.11 diizinkan apabila data analitis dan data uji diserahkan kepada pihak yang berwenang memberikan persetujuan, yang membentuk karakteristik dinamis dan mewujudkan tahanan gaya lateral dan kapasitas disipasi energy agar ekuivalen dengan sistem struktur yang terdaftar dalam Tabel.3.11

Sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk menggunakan, untuk menahan gaya gempa masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur, bila sistem yang berbeda digunakan masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$  dan  $\Omega_0$  harus dikenakan pada setiap sistem yang ada dalam Tabel 3.11 berikut.

**Tabel 3. 11** Faktor  $R$ ,  $C_d$  Dan  $\Omega_0$  Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726 : 2012)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons,	Faktor kuat lebih sistem,	Faktor pembesaran defleksi,	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m) <sup>c</sup>				
	$R_a$	$\Omega_0$	$C_{db}$	Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
A	B	C	D	E	F	G	H	I
Sistem rangka pemikul momen								
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10 <i>h</i> , <i>i</i>	TI <sup>b</sup>	TI <sup>f</sup>

Tabel 3. 11 Lanjutan

A	B	C	D	E	F	G	H	I
Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	30	3½	10	10	10	10	10

### 3.6.12 Periode Fundamental (T)

Periode fundamental struktur T dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari Tabel 3.12 dan periode fundamental pendekatan  $T_a$  yang ditentukan sesuai persamaan 3.10 sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan  $T_a$  yang dihitung sesuai persamaan 3.10.

Periode fundamental pendekatan  $T_a$  minimum, dalam detik, ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_{a \text{ minimum}} = C_t h_n^x \dots\dots\dots(3.10)$$

$$T_{a \text{ maksimum}} = C_u T_{a \text{ minimum}} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan :

$T_{a \text{ minimum}}$  = Nilai batas bawah perioda fundamental pendekatan

$h_n$  = ketinggian struktur dalam meter

$C_t$  = Nilai parameter priode pendekatan ditentukan dari Tabel 3.13

$x$  = Nilai parameter priode pendekatan ditentukan dari Tabel 3.13

$C_u$  = Koefisien untuk batas atas pada perioda dari Tabel 3.12

**Tabel 3. 12** Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung (SNI 1726:2012)

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

**Tabel 3. 13** Nilai Parameter Perioda Pendekatan  $C_t$  dan  $x$  (SNI 1726:2012)

Tipe struktur	$C_t$	$x$
A	B	C
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya gempa yang diisyaratkan 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 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75



Sebagai alternatif, diizinkan untuk menentukan perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ) dalam detik, dari persamaan berikut untuk dengan ketinggian tidak melebihi 12 tingkat dimana sistem penahan gaya gempa terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi paling sedikit 3 m.

$$T_a = 0,1 N \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah tingkat

### 3.6.13 Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismik ( $V$ ), dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

$C_s$  = Koefisien respons seismik

$W$  = Berat seismik efektif

Koefisien respons seismik ( $C_s$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.14)$$

Keterangan :

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

$R$  = faktor modifikasi respons

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan persamaan 3.13 tidak perlu melebihi berikut ini:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.15)$$

$C_s$  tidak boleh kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{Ds} \cdot I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots(3.16)$$

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 :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan :

$S_{D1}$  = Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1 detik

$T$  = Periode fundamental struktur

$S_1$  = Parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

Berat struktur ( $W$ ) harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang terdaftar dibawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan minimum sebesar 25% beban hidup lantai (beban hidup lantai digarasi publik dan struktur parkir terbuka serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 % dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan).
2. Jika ketentuan untuk partisi diisyaratkan dalam deain beban lantai diambil sebagai yang terbesar diantara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0,48 kN/m<sup>2</sup>.
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen.
4. Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

#### 3.6.14 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral  $F_x$  (kN) yang timbul disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_x i h_i^k} \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan :

- $C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal
- $V$  = gaya lateral desain total atau geser didasar struktur, dinyatakan dalam kilonewton (kN)
- $w_i$  &  $w_x$  = bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x
- $h_i$  &  $h_x$  = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x dinyatakan dalam meter
- $k$  = eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:  
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,  $K=1$   
 untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih,  $K=2$   
 untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

### 3.6.15 Distribusi Horizontal Gaya Gempa

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat  $V_x$  (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^n f_i \dots \dots \dots (3.19)$$

Keterangan:

$f_i$  = bagian dari geser dasar seismik ( $V$ ) yang timbul di tingkat i, dinyatakan dalam kilonewton (kN)

Geser tingkat desain gempa  $V_x$  (kN) harus didistribusikan pada berbagai elemen vertikal sistem penahan gaya gempa tingkat yang ditinjau berdasarkan pada kekakuan lateral relatif elemen penahan vertikal dan diafragma.

### 3.6.16 Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) 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. Jika desain tegangan ijin digunakan,  $\Delta$  harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkatan kekuatan yang ditetapkan dalam tanpa reduksi untuk desain tegangan ijin.

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) seperti terlihat pada Tabel 3.14 untuk semua tingkat.

**Tabel 3. 14** Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) (SNI 1726:2012)

No	Struktur	Kategori Resiko		
		I atau II	III	IV
A	B	C	D	E
1	Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengkomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 $h_{sx}$	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
2	Struktur dinding geser kantilever	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
3	Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
4	Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

Defleksi pusat massa di tingkat ( $\delta_x$ , mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots \dots \dots (3.20)$$

Keterangan:

$C_d$  = faktor amplikasi defleksi

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lokasi yang diisyatkan pada pasal ini yang ditentukan dengan analisis elastis

$I_e$  = faktor keutamaan gempa

### 3.6.17 Pemeriksaan Waktu Getar Struktur

Setelah distribusi beban gempa pada bangunan gedung diketahui, maka perlu dilakukan pemeriksaan terhadap waktu getar sebenarnya dari struktur dengan menggunakan rumus *Rayleigh*. Waktu getar sebenarnya untuk setiap arah dari bangunan dihitung berdasarkan besarnya simpangan horizontal yang terjadi pada struktur bangunan akibat gaya gempa horizontal.

Waktu getar alami  $T_R$  dari struktur gedung dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus *Rayleigh* sebagai berikut:

$$T_R = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^N f_i d_i}} \dots\dots\dots(3.21)$$

Keterangan:

$W_i$  = berat lantai tingkat ke  $i$

$F_i$  = gaya gempa lateral pada lantai tingkat ke  $i$

$d_i$  = simpangan horizontal lantai tingkat ke- $i$

Waktu getar alami struktur  $T$  yang dihitung dengan ruus emperis ( $T$ ) untuk penentuan koefisien respons seismik ( $C_s$ ) nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai waktu getar alami dari struktur yang dihitung dengan rumus *Rayleigh* ( $T_R$ ). Jika antara nilai  $T$  dan  $T_R$  berbeda lebih dari 20% maka perlu dilakukan perhitungan ulang.

### 3.6.18 Kombinasi Pembebanan Untuk Metode Ultimit

Struktur komponen, elemen struktur dan elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Berdasarkan SNI 1726:2012 faktor-faktor beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal adalah:

1.  $1,4 D$ .....(3.22)
2.  $1,2 D + 1,6 L$ .....(3.23)
3.  $1,2 D + 1L \pm 0,3 EX \pm 1EY$ .....(3.24)
4.  $1,2 D + 1L \pm 1 EX \pm 0,3 EY$ .....(3.25)
5.  $0,9 D \pm 0,3 EX \pm 1 EY$  .....(3.26)
6.  $0,9 D \pm 1 EX \pm 0,3 EY$ .....(3.27)

Keterangan:

$D$  = Beban Mati

$L$  = Beban Hidup

$EX$  = Beban Gempa arah X

$EY$  = Beban Gempa arah Y

### 3.6.19 Pengaruh Beban Gempa

Pada kombinasi yang terdapat pada beban gempa didalam persamaannya harus didesain berdasarkan pengaruh beban seismik yang ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi 3 dan 4, E harus didefinisikan sebagai berikut:

$$E = E_h + E_v \dots\dots\dots(3.28)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi 5 dan 6, E harus didefinisikan sebagai berikut:

$$E = E_h - E_v \dots\dots\dots(3.29)$$

Keterangan:

$E$  = Pengaruh beban seismik

$E_h$  = Pengaruh beban seismik horizontal

$E_v$  = Pengaruh beban seismik vertikal

$E_Y$  = Beban Gempa arah Y

Pengaruh beban seismik  $E_h$  harus ditentukan dengan rumus berikut:

$$E_h = \rho Q_c \dots\dots\dots(3.30)$$



Keterangan:

$\rho$  = faktor redundansi

$Q_c$  = Pengaruh gaya gempa horizontal dari  $V$  atau  $F_p$  Pengaruh tersebut harus dihasilkan dengan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain.

Untuk struktur yang dirancang untuk kategori D, E, atau F,  $\rho$  harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, dimana  $\rho$  diizinkan diambil sebesar 1,0:

- Masing –masing tingkat yang menahan lebih dari 35 % geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan Tabel 3.15.
- Struktur dengan denah yang beraturan disemua tingkat dengan system penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah orthogonal disetiap tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat,  $H_{sx}$  untuk konstruksi rangka ringan.

$E_v$  adalah pengaruh gaya seismik vertikal pengaruh beban seismik  $E_v$  harus ditentukan dengan rumus berikut ini:

$$E_v = 0,2 S_{Ds} D \dots \dots \dots (3.31)$$

**Tabel 3. 15** Persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar (SNI 1726:2012)

No	Elemen Penahan Gaya Lateral	Persyaratan
A	B	C
1	Rangka dengan bresing	Pelepasan bresing individu atau sambungan yang terhubung tidak akan mengakibatkan reduksi kuat tingkat sebesar lebih dari 33 persen, atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai ketidakaturan torsi yang berlebihan (ketidakaturan struktur horizontal tipe

Tabel 3. 15 Lanjutan

A	B	C
2	Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen disambungan balok ke kolom di kedua ujung balok tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen, atau sistem yang dihasilkan tidak mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horizontal tipe 1b).
3	Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0	Pelepasan dinding geser atau pier dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 disemua tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horizontal tipe 1b).
4	Kolom kantilever	Kehilangan tahanan momen disambungan dasar semua kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan lebih dari reduksi kuat tingkat sebesar 33 persen atau sistem yang dihasilkan mempunyai ketidakteraturan torsi yang berlebihan (ketidakteraturan struktur horizontal tipe 1b).
5	Lainnya	Tidak ada persyaratan

Dengan demikian faktor –faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal, dan beban gempa nominal adalah :

- i.  $1,4 D$ .....(3.32)
- ii.  $1,2 D + 1,6 L$ .....(3.33)
- iii.  $1,2 D + 1L \pm 0,3 (\rho Q_c + 0,2 S_{DsD}) \pm 1(\rho Q_c + 0,2 S_{DsD})$  .....(3.34)
- iv.  $1,2 D + 1L \pm 1 (\rho Q_c + 0,2 S_{DsD}) \pm 0,3(\rho Q_c + 0,2 S_{DsD})$  .....(3.35)
- v.  $0,9 D \pm 0,3(\rho Q_c - 0,2 S_{DsD}) \pm 1(\rho Q_c - 0,2 S_{DsD})$  .....(3.36)
- vi.  $0,9 D \pm 1(\rho Q_c - 0,2 S_{DsD}) \pm 0,3(\rho Q_c - 0,2 S_{DsD})$  .....(3.37)

### 3.6.20 Konsep Desain Terhadap Beban Gempa

Dalam prosedur perencanaan berdasarkan SNI gempa, struktur bangunan tanah gempa boleh direncanakan terhadap beban gempa yang direduksi dengan suatu faktor modifikasi respons struktur ( $R$ ), yang merupakan representasi tingkat daktilitas yang dimiliki struktur. Dengan begitu, saat terjadi gempa kuat elemen-elemen struktur tertentu boleh mengalami plastifikasi (kerusakan) sebagai sarana untuk pendisipasian energy gempa yang diterima struktur. Elemen – elemen struktur tertentu tersebut memiliki perilaku plastifikasi yang bersifat daktil dan tidak mudah runtuh, sedangkan elemen – elemen struktur lainnya harus tetap berperilaku elastis saat terjadi gempa kuat.

Hierarki atau urutan plastifikasi yang terjadi harus sesuai dengan yang direncanakan yaitu dengan menggunakan konsep desain kapasitas. Pada konsep desain kapasitas, elemen – elemen struktur tidak dibuat sama kuat terhadap gaya dalam yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain. Hal ini bertujuan agar elemen – elemen struktur tersebut yang mengalami kerusakan pada saat beban maksimum bekerja pada struktur. Untuk menjamin elemen – elemen struktur lainnya tetap elastis saat gempa kuat terjadi, maka elemen – elemen tersebut harus didesain lebih kuat dari pada elemen – elemen struktur tertentu yang dibolehkan mengalami plastifikasi. Untuk mencapai hal ini, perlu diaplikasikan factor *overstrength* (kuat lebih).

Struktur bangunan diharapkan tidak mengalami keruntuhan saat gempa kuat terjadi, oleh karena itu elemen – elemen struktur yang diharapkan mengalami plastifikasi harus diberi *detailing* penulangan yang memadai agar perilakunya tetap setabil walaupun mengalami deformasi inelastis yang besar. ketentuan *detailing* yang ditetapkan dalam SNI 04-2847-2002 untuk struktur beton bertulang, pada dasarnya dibedakan berdasarkan tingkat resiko kegempaan, semakin ketat persyaratan *detailing* penulangan yang harus dipenuhi pada struktur bangunan tersebut.



### 3.6.21 Persyaratan Material Kontruksi

Perilaku plastifikasi struktur sangat dipengaruhi oleh karakteristik material beton dan baja tulangan yang digunakan pada struktur beton bertulang. Parameter material beton yang paling berpengaruh adalah nilai tekan ( $f_c'$ ) yang disyaratkan minimal 20 Mpa untuk digunakan pada struktur bangunan tahan gempa. Parameter material baja tulangan yang paling berpengaruh kondisi permukaan baja tulangan yang dibedakan dalam 2 jenis, yaitu baja tulangan polos dan ulir. Penggunaan baja tulangan polos pada beton hanya 10 % kuat lekatan baja tulangan ulir. Selain itu degradasi lekatan akibat beton balok baik saat terjadi gempa pada tulangan polos sangat drastis dibandingkan dengan tulangan ulir. Pada SNI 03-2847-2002 hanya mengizinkan penggunaan tulangan polos pada tulangan spiral, sedangkan untuk penulangan lainnya menggunakan tulangan ulir.

Parameter baja tulangan yang juga penting terhadap perilaku plastifikasi adalah nilai kuat leleh, nilai faktor kuat lebih, dan nilai rasio kuat ultimit. Nilai – nilai parameter tersebut harus berada dalam batas – batas yang diizinkan untuk mencegah terjadinya keruntuhan premature pada system struktur yang direncanakan (SNI 03-2847-2002 Pasal 23).

### 3.7 Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

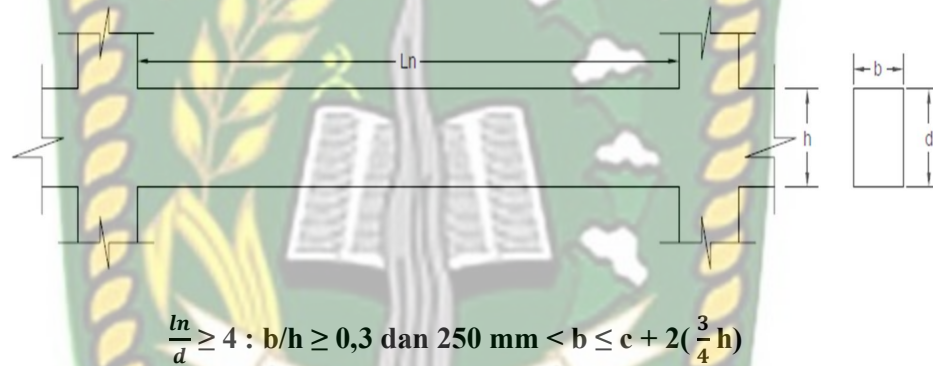
Dalam penelitian ini, struktur gedung diasumsikan menggunakan sistem SRPMK yang mampu menahan gempa kuat. Persyaratan detailing komponen struktur balok SRPMK meliputi persyaratan geometri, persyaratan tulangan lentur dan tulangan transversal.

#### 3.7.1 Persyaratan Geometri

Komponen struktur lentur (balok) merupakan komponen struktur dimana gaya aksial tekan terfaktor yang bekerja pada penampangnya tidak lebih dari 0,1.  $A_g$  adalah luas penampang komponen struktur.

Beberapa persyaratan geometri yang harus dipenuhi untuk komponen struktur lentur antara lain pada Gambar 3.3:

1. Bentang bersih komponen struktur tidak kurang dari 4 kali tinggi efektifnya. Akibat pembebanan siklik yang memasuki rentang inelastis, komponen struktur dengan rasio panjang – tinggi kurang dari empat memiliki perilaku yang berbeda signifikan dibandingkan komponen struktur yang langsung.
2. Perbandingan lebar dan tinggi komponen struktur tidak kurang dari 0,3. Persyaratan ini terkait kestabilan penampang komponen struktur saat mengalami deformasi inelastik yang signifikan.
3. Lebar penampang harus  $\geq 250$  mm dan  $\leq$  lebar kolom ditambah jarak pada tiap sisi kolom yang tidak melebihi  $\frac{3}{4}$  tinggi komponen struktur.



**Gambar 3.3** Persyaratan Geometri Penampang Balok (Imran dan Hendrik, 2010:43, dalam Syanandito)

### 3.7.2 Persyaratan Tulangan Lentur

Beberapa persyaratan tulangan lentur pada perencanaan komponen struktur lentur SRPMK antara lain :

1. Luas tulangan atas dan luas tulangan bawah harus lebih besar dari persamaan tulangan minimum yaitu  $(0,25 b_w d \sqrt{f'c}) / f_y$  atau  $(1,4 b_w d) f_y$ , dengan  $b_w$  adalah lebar komponen dan  $d$  adalah tinggi efektif penampang komponen lentur.
2. Rasio tulangan lentur maksimum ( $\rho_{maks}$ ) dibatasi sebesar 0,025.

3. Pada penampang harus terpasang secara menerus masing – masing minimum 2 batang tulangan atas dan tulangan bawah.
4. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya.
5. Kuat lentur negatif dan positif pada setiap penampang disepanjang bentang harus tidak kurang dari seperempat kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.
6. Sambungan lewatan untuk peyambungan tulangan lentur harus diberi tulangan spiral atau sengkang tertutup disepanjang sambungan tersebut. Tujuan dari pemasangan tulangan spiral atau sengkang tertutup bertujuan untuk mengekang beton didaerah sambungan dan mengantisipasi terkelupasnya selimut beton sangan mengalami deformasi inelastis yang signifikan.
7. Sambungan lewatan tidak boleh ditempatkan pada daerah hubungan balok kolom, daerah hingga jarak dua kali tinggi balok (h) dari muka kolom, dan pada lokasi – lokasi yang berdasarkan analisis memungkinkan terjadi leleh lentur akibat perpindahan lateral inelasti struktur portal bangunan.

### 3.7.3 Analisa Tulangan Lentur

Langkah – langkah analisa tulangan tarik balok berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

1. Langkah awal perencanaan tulangan lentur adalah menentukan nilai momen ultimit ( $M_u$ ). Momen ultimit merupakan beban maksimum, dalam penelitian ini diperoleh momen ultimit didapat dari hasil perhitungan Etabs. Perlu ditentukan momen ultimit saat struktur bergoyang arah positif (kanan) arah negatif (kiri).
2. Perhitungan luas tulangan tarik yang direncanakan dengan persamaan 3.38.

$$A_s = n(1/4 \pi d_b^2) \dots\dots\dots(3.38)$$

3. Perhitungan nilai tinggi efektif balok ( $d$ ) dengan persamaan 3.39.

$$d = h - (d_{s1} + 0,5d_{s2})\dots\dots\dots(3.39)$$



4. Perhitungan tinggi balok tegangan tekan ekivalen beton ( $\alpha$ ) dengan persamaan 3.40.

$$\alpha = \frac{A_s f_y}{0,85 f' c b w} \dots \dots \dots (3.40)$$

5. Pemeriksaan momen nominal aktual ( $\phi M_n$ ) persamaan apakah  $\geq M_u$  dengan persamaan 3.41.

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - 0,5\alpha) \dots \dots \dots (3.41)$$

6. Pemeriksaan luas tulangan minimum ( $A_s \text{ min}$ ) dengan persamaan 3.42.

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f' c}}{4 f_y} b w d \dots \dots \dots (3.42)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

$$(1,4 b_w d) / f_y \dots \dots \dots (3.43)$$

7. Pemeriksaan rasio penulangan ( $\rho$ ) apakah memenuhi persyaratan  $\rho < 0,75 \rho_b$  dan  $\rho < 0,025$  dengan persamaan 3.44 dan 3.45.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w d} \dots \dots \dots (3.44)$$

$$\rho_b = \beta_1 \frac{0,5 f' c}{f_y} \left( \frac{600}{600 +} \right) \dots \dots \dots (3.45)$$

8. Pemeriksaan kondisi kelelahan tulangan tarik. Untuk menentukan tipe keruntuhan yang terjadi, maka perlu dicek apakah tulangan mengalami kelelahan saat regangan tekan beton  $\epsilon_{cu}$  mencapai 0,003 atau tidak. Untuk menentukan regangan tarik pada lapisan terluar, diperlukan posisi sumbu netral  $c$  yang diperoleh dari  $c = \alpha / \beta_1$ . Regangan yang terjadi pada tulangan tarik terluar dihitung dengan persamaan 3.46.

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon_{cu} (h - d_{s1} - c)}{c} \dots \dots \dots (3.46)$$

Jika regangan tulangan tarik terluar lebih besar dari pada regangan leleh ( $\epsilon_y = E / f_y$ ), maka keruntuhan balok adalah *tension controlled* (keruntuhan daktil). SNI 03 – 2847 – 2002 menyatakan bahwa luas tulangan tekan adalah setengah dari luas tulangan tarik (minimum). Maka langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

- a) Luas tulangan tekan yang dibutuhkan adalah:

$$A_s' = 0,5 A_s \dots \dots \dots (3.47)$$

b) Tinggi efektif balok ( $d$ ) adalah:

$$d = h - d_s' \dots \dots \dots (3.48)$$

Sehingga dapat dihitung:

$$\alpha' = \frac{A_s f_y}{0,85 f' c b_w} \dots \dots \dots (3.49)$$

c) Momen ultimit tulangan tekan adalah:

$$\phi M_n' = \phi A_s' f_y (d - 0,5\alpha') \dots \dots \dots (3.50)$$

Keterangan:

$\alpha$  = Tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekuivalen

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

$A_s'$  = Luas tulangan tekan ( $\text{mm}^2$ )

$b_w$  = Lebar Penampang balok

$c$  = Jarak antara garis netral dan tepi seret tekan beton (mm)

$d_b$  = Diameter tulangan (mm)

$d$  = Tinggi efektif penampang balok (mm)

$d_s'$  = Jarak antara tulangan tekan dan tepi seret beton tekan (mm)

$d_{s1}$  = Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan tepi seret beton tarik (mm)

$d_{s2}$  = Jarak antara titik berat tulangan tarik baris pertama dan titik berat tulangan tarik baris kedua (mm)

$E$  = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

$h$  = Tinggi penampang balok

$M_n$  = Momen nominal aktual

$M_u$  = Momen ultimit (Kn/m)

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan pada Tabel 3.16 berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.3

**Tabel 3. 16** Faktor Reduksi Kekuatan,  $\phi$  (SNI 03 – 2847 – 2002)

No	Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi
A	B	C
1	Beban lentur tanpa gaya aksial	0,80
2	Beban aksial dengan beban aksial lentur	0,80
	a. Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	
	b. Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	
	i. Dengan tulangan spiral	0,70
	ii. Dengan tulangan biasa	0,65
3	Lintang dan torsi	0,75
	a. Pada komponen struktur penahan gempa kuat	0,55
	b. Pada kolom dan balok yang diberi tulangan diagonal	0,80
4	Tumpuan pada beton	0,65
5	Daerah pengangkuran pasca tarik	0,85
6	Penampang lentur tanpa beban aksial pada komponen struktur pratarik dimana panjang penanaman <i>strand</i> -nya kurang dari panjang penyaluran yang ditetapkan	0,75
7	Beban lentur, tekan, geser dan tumpu pada beton struktural	0,55

### 3.7.4 Persyaratan Tulangan Transversal

Karena pelupasan (*spalling*) selimut beton dapat terjadi pada saat gempa kuat, terutama di daerah sendi plastis dan sekitarnya, maka semua tulangan transversal harus berbentuk sengkang tertutup.

Beberapa persyaratan untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup antara lain:

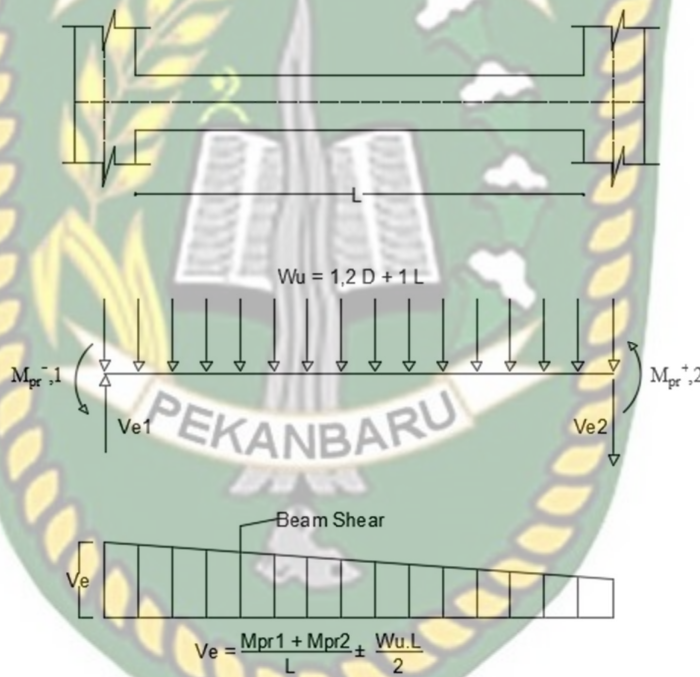
1. Sengkang tertutup harus terpasang pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
2. Sengkang tertutup harus dipasang disepanjang daerah 2 kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
3. Sengkang tertutup pertama dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.



4. Sepasi sengkang tertutup tidak lebih dari  $d/4$ , 8 kali diameter terkecil tulangan lentur, 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup, dan 300 mm.
5. Sengkang tertutup dan pengikat silang (*cross tie*) harus diberi kait pengikat gempap diujung – ujungnya. Kait gempap mempunyai bengkokan tidak kurang dari  $135^\circ$  + perpanjangan 6d.

**3.7.5 Persyaratan Kuat Geser Untuk Komponen Struktur Lentur**

Kuat geser perlu,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada komponen struktur antara dua muka tumpuan yaitu:



**Gambar 3. 4** Perhitungan kuat geser balok (SNI 03-2847-2002)

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L} \pm \frac{W_u \cdot L}{2} \dots\dots\dots(3.51)$$

Keterangan:

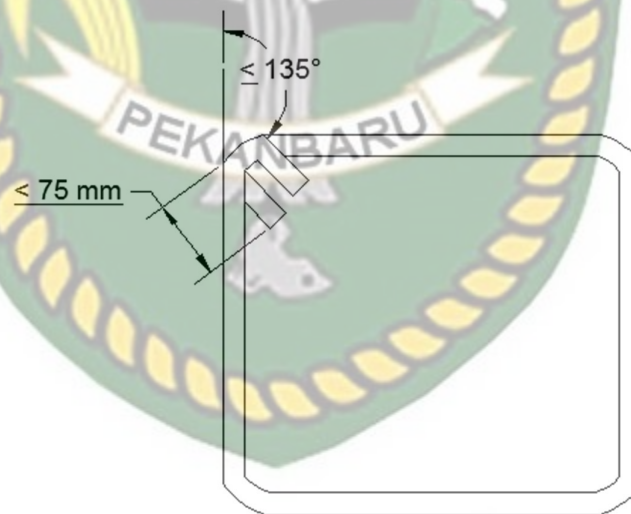
- $V_e$  = Kuat geser perlu diujung balok.
- $M_{pr1}$  = Kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi dipertalikan kiri akibat goyangan kiri atau kanan.
- $M_{pr2}$  = Kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi

diperletakkan kanan akibat goyangan kiri atau kanan.

$W_u$  = Pengaruh beban gravitasi ( $1,2 D + 1,0 L$ )



**Gambar 3.5** Persyaratan Tulangan Taransversal (Imran dan Hendrik, 2010 dalam syahnandito)



**Gambar 3.6** Persyaratan Tulangan Untuk Senggang Tertutup (Imran dan Hendrik, 2010 dalam syahnandito)

Momen ujung  $M_{pr}$  (*probable moment capacity*) merupakan momen maksimum yang diperlukan untuk membuat penampang membentuk sendi plastis.

Momen ujung dihitung berdasarkan nilai kuat tarik baja tulangan yang diperbesar dengan faktor kuat lebih besar  $1,25 f_y$ .

Diagram kuat geser perlu diperoleh digunakan untuk merencanakan kuat geser disepanjang komponen lentur. Khusus untuk daerah panjang  $2h$  dari muka kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis, tulangan transversal harus dirancang untuk menahan kuat geser perlu dengan menganggap kontribusi penampang beton dalam menahan geser ( $V_c$ ) = 0 selama:

- 1 Gaya geser akibat gempa (suku pertama persamaan 3.50) mewakili setengah atau lebih dari kuat geser perlu maksimum disepanjang daerah tersebut.
- 2 Gaya aksial tekan terfaktor pada penampang termasuk aksial gempa, lebih kecil dari  $A_g f_c' / 20$ .

### 3.7.6 Analisa Tulangan Geser

Persyaratan desain tulangan geser yang harus dipenuhi adalah:

$$\phi V_n \geq V_e \dots \dots \dots (3.52)$$

Kuat geser penampang  $V_n$  ditentukan berdasarkan kombinasi kuat geser beton  $V_c$  dan kuat geser baja  $V_s$  diman  $V_c$  dan  $V_s$  ditentukan dengan persamaan berikut:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \dots \dots \dots (3.53)$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots \dots \dots (3.54)$$

Langkah – langkah perencanaan tulangan geser balok berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan beban merata ( $W_u$ ) dihitung secara otomatis dengan program etabs.
2. Perhitungan  $\alpha_{pr}$  dengan persamaan 3.55.

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25 A_s f_y}{0,85 f_c' B_W} \dots \dots \dots (3.55)$$

3. Perhitungan momen probabilistik ( $M_{pr}$ ) ujung balok dengan persamaan 3.56.

$$M_{pr} = 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{\alpha_{pr}}{2} \right) \dots \dots \dots (3.56)$$

**Maksud dan tujuan:** Untuk mengetahui besarnya momen di ujung balok yang termobilisasi oleh balok tersebut.

4. Perhitungan gaya geser ultimit rencana ( $V_c$ ) dengan persamaan 3.51.
5. Perhitungan kontribusi kuat geser beton ( $V_c$ ) dihitung dengan persamaan 3.53. jika  $V_c$  lebih kecil dari pada  $V_c$  , maka tulangan geser diperlukan. Maka kontribusi kuat geser tulangan ( $V_s$ ) menggunakan persamaan 3.54. spasi tulangan geser (s) ditentukan sesuai ketentuan pada sub bab 3.7.4.
6. Pemeriksaan luas tulangan geser minimum ( $A_{min}$ ) dengan persamaan 3.57.

$$A_{min} = \frac{1}{16} \sqrt{f'_c} \frac{b_w s}{f_y} \dots\dots\dots(3.57)$$

Tetapi tidak boleh kurang dari:

$$A_{vmin} = \frac{b_w s}{3 f_y} \dots\dots\dots(3.58)$$

**Maksud dan tujuan:**  $A_{min}$  adalah luasan tulangan geser paling minimum yang dibolehkan untuk tulangan geser, dan tidak boleh kurang dari  $A_{vmin}$ .

7. Perhitungan kuat geser nominal ( $\phi V_n$ ) dengan persamaan 3.59.

$$\phi V_n = \phi(V_c - V_s) \dots\dots\dots(3.59)$$

**Maksud dan tujuan:** untuk memastikan bahwa tulangan geser nominal yang dikalikan dengan faktor reduksi 0,75 yang didapat dari SNI 03-2847-2002 lebih kecil atau sama dengan kuat geser yang direncanakan dikalikan dengan faktor reduksi.

8. Khusus untuk daerah sepanjang 2h dari muka kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis, tulangan transversal harus dirancang harus menahan kuat geser perlu dengan menganggap kontribusi penampang beton dalam menahan geser ( $V_c$ ).

Keterangan:

$A_s$  = luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )

$A_v$  = luas tulangan geser ( $\text{mm}^2$ )

$b_w$  = lebar penampang balok(mm)

$d$  = tinggi efektif penampang balok(mm)

$f'_c$  = tegangan beton yang diisyaratkan pada umur 28 hari

$f_y$  = tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh (Mpa)

$L$  = panjang bentang bersih balok (m)

$S$  = jarak tulangan sengkang (mm)



$V_c$  = kuat geser beton (N)

$V_n$  = kuat geser nominal (N)

$V_s$  = kuat geser tulangan (N)

$M_{pr1}$  = kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi diperletakkan kiri akibat goyangan ke kiri atau ke kanan (N/mm)

$M_{pr2}$  = kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi diperletakkan kanan akibat goyangan ke kiri atau ke kanan (N/mm)

$W_u$  = pengaruh beban gravitasi (1,2D + 1,0 L) (N/mm)

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan pada Tabel 3.16 berdasarkan SNI-03-2847-2002 pasal 11.3.

### 3.7.7 Analisa Tulangan Torsi (Puntir)

Langkang – langkah perencanaan tulangan tarik balok berdasarkan SNI 02-2847-2002 adalah sebagai berikut:

1. Tulangan yang dibutuhkan untuk torsi harus ditambahkan pada tulangan yang dibutuhkan untuk menahan momen lentur (tulangan longitudinal) dan untuk menahan geser (sengkang). Jadi tulangan torsi berupa tulangan longitudinal dan sengkang tertutup yang ditambahkan.
2. Pengaruh puntir dapat diabaikan jika momen puntir terfaktor ( $T_u$ ) memenuhi syarat berikut:

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f_{c'}} A_{cp}^2}{12 p_{cp}} \dots \dots \dots (3.60)$$

**Maksud dan tujuan:** untuk memastikan bahwa balok memerlukan tulangan puntir atau tidak.

3. Kekuatan leleh tulangan torsi ( $f_y$ ) harus memenuhi syarat berikut:

$$f_y \leq 400 \text{ Mpa} \dots \dots \dots (3.61)$$

4. Dimensi penampang melintang harus memenuhi syarat berikut:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A^2 o h}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + \frac{2\sqrt{f_{c'}}}{3}\right) \dots \dots \dots (3.62)$$

5. Tuangan yang dibutuhkan untuk torsi ditentukan berdasarkan:

$$T_r \geq T_u \dots \dots \dots (3.63)$$

$$T_r = \emptyset \cdot T_n \dots \dots \dots (3.64)$$

6. Kebutuhan tulangan sengkang tambahan untuk torsi per meter panjang balok (S=1000 mm)

$$A_{vt} = \frac{T_n s}{2 \cdot A_0 f_{yv} \cot \theta} \dots \dots \dots (3.65)$$

7. Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan torsi

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} \cdot p_h \cdot \left( \frac{f_{yv}}{f_{y1}} \right) \cdot \cot^2 \theta \dots \dots \dots (3.66)$$

$$A_0 = 0,85 \cdot A_{0h} \dots \dots \dots (3.67)$$

8. Luas total tulangan sengkang (untuk geser dan torsi) per meter panjang balok (S=1000 mm)

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \frac{75 \sqrt{f_c'} b_w s}{1200 f_{yv}} \dots \dots \dots (3.68)$$

Dan

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \frac{b_w s}{3 f_{yv}} \dots \dots \dots (3.69)$$

9. Luas total tulangan longitudinal (untuk lentur dan geser):

$$(A_{vs} + A_{vt}) \geq \left\{ \frac{5 \sqrt{f_c'} A_{cp}}{12 f_{yv}} - \left( \frac{A_{vt}}{s} \right) \cdot p_h \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right\} \dots \dots \dots (3.70)$$

Dan

$$\frac{A_{vt}}{s} \geq \frac{b_w}{6 f_y} \dots \dots \dots (3.71)$$

Keterangan :

$A_{0h}$  =luas penampang daerah yang dibatasi oleh sengkang tertutup(mm<sup>2</sup>)

$A_{cp}$  =luas penampang keseluruhan (mm<sup>2</sup>)

$A_{st}$  =luas tulangan longitudinal lentur (mm<sup>2</sup>)

$A_t$  =luas tulangan longitudinal torsi (mm<sup>2</sup>)

$A_{vs}$  =luas tulangan sengkang geser (mm<sup>2</sup>)

$A_{vt}$  =luas tulangan sengkang torsi (mm<sup>2</sup>)

$b_w$  =lebar penampang balok(mm)

$d_b$  =diameter tulangan(mm)

$d$  =tinggi efektif penampang balok(mm)

$f_{yl}$  =tegangan leleh tulangan longitudinal (Mpa)

- $f_{yv}$  =tegangan leleh tulangan sengkang (Mpa)  
 $p_{cp}$  =keliling penampang keseluruhan (mm)  
 $p_h$  =keliling daerah yang dibatasi oleh sengkang tertutup (mm)  
 $S$  =bentang balok yang dipasang sengkang torsi = 100mm  
 $S$  =jarak sengkang (mm)  
 $T_n$  =momen torsi nominal (Nmm)  
 $T_r$  =momen torsi rencana (Nmm)  
 $T_u$  =momen torsi perlu (Nmm)  
 $V_u$  =kuat geser perlu (Nmm)  
 $\phi$  =faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan pada Tabel 3.16.  
 $\theta$  =sudut retak =  $45^\circ$  untuk non prategang

### 3.8 Persyaratan Detailing Komponen Struktur Kolom SRPMK

Persyaratan *detailing* komponen struktur balok SRPMK meliputi persyaratan geometri, persyaratan tulangan lentur, dan persyaratan tulangan transversal.

#### 3.8.1 Persyaratan Geometri

Komponen struktur kolom menerima kombinasi lentur dan beban aksial. Besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada kolom dibatasi tidak kurang dari  $0,1 A_g f_c'$ . beberapa persyaratan geometri

- 1 Ukuran penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm.
- 2 Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak kurang dari 0,4.

#### 3.8.2 Persyaratan Tulangan Lentur

Beberapa persyaratan tulangan lentur kolom berdasarkan SNI 03-2847-2002 antara lain:

- 1 Rasio penulangan ( $\rho$ ) tidak boleh kurang dari 0,01 dan maksimum tidak lebih dari 0,06.



- 2 Sambungan mekanis untuk menyambungkan tulangan lentur dengan kekuatan 125% kuat leleh baja tulangan yang disambung tidak boleh ditempatkan dilokasi yang berpotensi berbentuk sendi plastis, sedangkan sambungan mekanis tulangan baja dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik baja tulangan yang disambung.
- 3 Sambungan lewatan hanya diizinkan diloksi setengah panjang elemen struktur yang berada ditengah. Direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik, dan harus diikat dengan tulangan spiral atau sengkang tertutup.

### 3.8.3 Analisa Tulangan Lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 persamaan 121 hal 212, kuat lentur kolom harus memenuhi ketentuan *strong column – weak beam*.

$$\sum M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g \dots\dots\dots(3.72)$$

Keterangan:

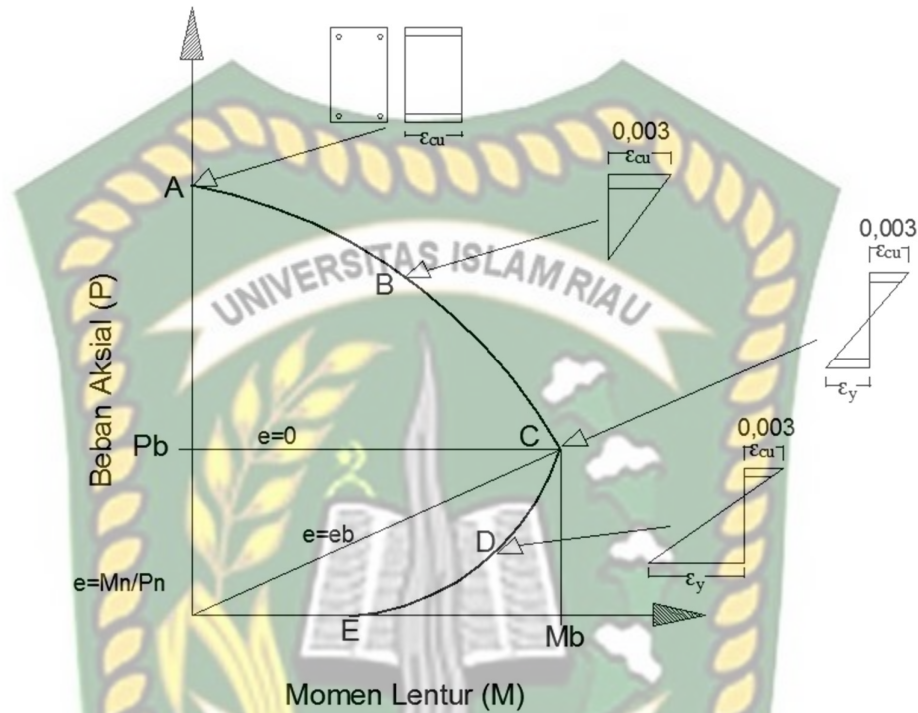
$\sum M_e$  = jumlah  $M_n$  kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom.  $M_n$  dihitung untuk gaya aksial terfaktor yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan  $M_n$  terkecil.

$\sum M_g$  = jumlah  $M_n$  balok yang merangka pada hubungan balok kolom.

Bila komponen kolom direncanakan tidak lebih kuat dari balok yang merangka pada hubungan balok kolom yang sama, sangat mungkin terjadi perilaku inelastis bahkan pastifikasi di ujung kolom. Hal ini tidak boleh terjadi kolom tidak memiliki kemampuan disipasi energi sebaik balok. Besarnya beban aksial yang diterima kolom menyebabkan tingkat daktilitas kolom lebih rendah dari pada balok.

Ketika mendesain kolom, maka perlu ditentukan diagram interaksi kolom. Diagram interaksi adalah diagram yang mewakili kekuatan kolom pada kondisi pembebanan yang mengakibatkan adanya gaya aksial dan momen. Dari teori mekanika bahan diketahui bahwa jika gaya aksial bekerja pada suatu elemen

struktur, maka kapasitas lentur elemen tersebut berkurang. Dan sebaiknya, jika gaya aksial yang bekerja lebih kecil, maka kapasitas momen elemen struktur tersebut besar.



**Gambar 3. 7** Diagram Interaksi Kolom

Beberapa titik penting pada diagram interaksi adalah sebagai berikut:

- 1 Titik A  
Pada titik A, keruntuhan balok adalah keruntuhan murni (momen = 0).  
Kapasitas aksial terfaktor dihitung dengan persamaan:

Untuk kolom spiral:

$$\phi P_{n \max} = 0,85 \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st} + f_y A_{st})] \dots \dots \dots (3.73)$$

Untuk kolom segi empat:

$$\phi P_{n \max} = 0,80 \phi [0,85 f'_c (A_g - A_{st} + f_y A_{st})] \dots \dots \dots (3.74)$$

Keterangan:

$A_g$  = luas kotor penampang

$A_{st}$  = luas tulangan total

$f'_c$  = kuat tekan beton

$f_y$  = kuat leleh baja

$\phi$  = faktor reduksi

## 2 Titik B

Titik B adalah suatu titik dimana keruntuhan yang terjadi akibat kombinasi momen dan aksial merupakan keruntuhan tekan pada suatu muka beton (regangan terjadi mencapai regangan ultimit,  $\epsilon_{cu}=0,003$ ) sedangkan regangan pada seret beton terluar pada sisi yang berlawanan adalah nol. Keruntuhan seperti ini adalah keruntuhan tekan.

## 3 Titik C

Keruntuhan titik C adalah keruntuhan seimbang dimana ketika seret beton terluar pada suatu sisi mencapai regangan ultimit ( $\epsilon_{cu}$ ) sedangkan tulangan tarik terluar pada sisi yang berlawanan mencapai regangan leleh ( $\epsilon_y$ ).

## 4 Titik D

Pada titik D, keruntuhan kolom adalah keruntuhan tarik, dimana regangan seret terluar beton pada satu sisi mencapai regangan ultimit ( $\epsilon_{cu}$ ) sedangkan pada satu sisi lain regangan yang terjadi pada tulangan baja lapis terluar melebihi 0,005.

Prosedur pembuatan diagram interaksi kolom adalah sebagai berikut:

- Perhitungan luas tulangan ( $A_s$ ) yang direncanakan untuk semua lapisan dengan rumus seperti di bawah.
- Berdasarkan tipe keruntuhan kolom seperti yang dijelaskan sebelumnya nilai kapasitas aksial nominal dan momen nominal kolom bisa ditentukan dengan mengubah – ubah letak sumbu netral penampang ( $c$ ) dengan mengatur nilai regangan beton dan regangan pada tulangan lapisan terluar (dalam hal ini lapisan tulangan paling bawah), maka nilai  $c$  adalah:

$$c = \left( \frac{0,003}{0,003 - z\epsilon_y} \right) d_1 \dots \dots \dots (3.75)$$

- Perhitungan nilai balok tegangan tekan beton dengan persamaan 3.76.

$$A = \beta_1 c. \dots \dots \dots (3.76)$$



- d) Nilai regangan ( $\epsilon_s$ ) tiap lapisan tulangan bisa ditentukan dengan persamaan:

$$\epsilon_s = \left(\frac{c-d_i}{c}\right) 0,003 \dots \dots \dots (3.77)$$

- e) Setelah regangan pada tulangan dihitung, nilai tegangan pada tulangan bisa juga dihitung. Dalam hal ini, hubungan tegangan regangan baja menggunakan asumsi *elastic perfectly plastic*. Dengan kata lain, jika regangan besar atau regangan leleh, maka tegangan yang terjadi pada tulangan adalah sama dengan tegangan leleh. Tegangan leleh bernilai + untuk tulangan tekan. Jika regangan baja lebih kecil dari pada regangan leleh, maka tegangan pada baja adalah  $f_s = E\epsilon_s$ .

- f) Gaya yang bekerja pada beton adalah gaya tekan ( $C_c$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_c = 0,85 f'_c ab_w \dots \dots \dots (3.78)$$

- g) Tegangan pada tulangan ke-i ( $f_{si}$ ) ditentukan dengan ketentuan berikut:

$$f_{si} = -320, \text{ jika } \epsilon_s < \epsilon_y$$

$$f_{si} = \epsilon_s E, \text{ jika } \epsilon_s < 0$$

$$f_{si} = 320, \text{ jika } \epsilon_s \geq \epsilon_y$$

- h) Gaya yang bekerja pada baja pada lapisan ke-i berupa gaya tarik  $-F_s$  atau gaya tekan  $+F_s$ . nilai gaya ini ditentukan dengan persamaan:

$$F_{si} = A_s f_{si} \text{ (untuk tulangan tarik) } \dots \dots \dots (3.79)$$

$$F_{si} = (f_{si} - 0,85 f'_c) A_s \text{ (untuk tulangan tekan) } \dots \dots \dots (3.80)$$

- i) Kapasitas aksial kolom ( $P_n$ ) diperoleh dari penjumlahan semua gaya yang bekerja, atau ditulis dalam bentuk persamaan:

$$P_n = C_c + \sum_{i=1}^n f_{si} \dots \dots \dots (3.81)$$

- j) Kapasitas momen penampang ( $M_n$ ) dihitung dengan menjumlahkan momen – momen yang bekerja pada penampang akibat gaya – gaya yang bekerja pada tulangan dan beton. Momen ini merupakan gaya x jarak terhadap titik berat penampang seperti pada persamaan 3.82.

$$M_n = C_c \left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) + \sum_{i=1}^n f_{si} \left(\frac{h}{2} - d_1\right) \dots \dots \dots (3.82)$$

- k) Setelah itu dihitung nilai kapasitas aksial kolom ( $P_n$ ) dan Kapasitas momen ( $M_n$ ) yang dikalikan dengan faktor reduksi ( $\phi$ ).

Keterangan:

$a$  = tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekivalen (mm)

$A_s$  = luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )

$b_w$  = lebar penampang balok (mm)

$c$  = jarak antara garis netral dan tepi seret tekan beton (mm)

$C_c$  = gaya yang bekerja pada beton (N)

$d_b$  = diameter tulangan (mm)

$d$  = tinggi efektif penampang balok (mm)

$d_1$  = tinggi efektif tulangan balok terhadap lapis 1 (mm)

$E$  = modulus elastis baja tulangan ((Mpa)

$f'_c$  = tegangan tekan beton

$f_{si}$  = tegangan tarik baja pada tulangan pada tulangan ke-i (Mpa)

$f_y$  = tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh (Mpa)

$F_{si}$  = gaya yang bekerja pada baja lapisan ke-i (Mpa)

$h$  = tinggi penampang balok (mm)

$M_n$  = kapasitas momen penampang (kN/ m)

$P_n$  = kapasitas aksial kolom (kN)

$z$  = bilangan sembarang, bernilai + jika tulangan tekan, dan – untuk tarik

$\beta_1$  = faktor pembentuk tinggi balok tegangan beton tekan persegi ekivalen yang nilainya ditentukan sesuai mutu beton (SNI 03-2847-2002 pasal 12.2.7.3) sebagai berikut:

a)  $f'_c \leq 30$  Mpa, maka  $\beta_1 = 0,85$

b)  $f'_c > 30$  Mpa, maka  $\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05(f'_c - 30)}{7}$

c) tetapi  $\beta_1 \geq 0,65$

$\epsilon_s$  = tegangan tarik baja tulangan

- $\varepsilon_y$  = tegangan tarik baja tulangan pada saat leleh  
 $\emptyset$  = faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan pada Tabel 3.16 berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.

### 3.8.4 Persyaratan Tulangan Geser

Tulangan geser pada kolom berfungsi untuk mengekang daerah inti kolom dalam kondisi terkekang, beton memiliki kuat tekan aksial yang lebih tinggi dan berlaku yang lebih daktail.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 spasi tulangan geser yang dipasang sepanjang daerah yang membentuk sendi plastis yaitu di ujung – ujung kolom tidak boleh lebih dari:

1. Seperempat dimensi terkecil komponen struktur.
2. Enam kali diameter tuangan longitudinal
3.  $S_x = 100 + \{(350 - h_x)/3\}$ .....(3.83)

Nilai  $S_x$  dibatasi maksimum 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Daerah pada kolom yang berpotensi membentuk sendi plastis harus memasang tulangan geser dengan ketentuan sebagai berikut:

- a) Sepanjang  $l_0$  dari setiap dari setiap muka hubungan balok kolom
- b) Sepanjang  $l_0$  pada kedua sisi dari setiap penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- c) Sepanjang daerah sambungan lewatan tulangan longitudinal kolom.
- d) Kedalam kepala pondasi sejauh minimum 300 mm. Panjang  $l_0$  ditentukan tidak kurang dari:
  - i. Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
  - ii. Seperenam bentang bersih struktur kolom.
  - iii. 500 mm



### 3.8.5 Analisa Tulangan Geser

Gaya geser rencana,  $V_c$  untuk perencanaan geser kolom harus ditentukan berdasarkan gaya lentur maksimum yang dapat terjadi pada muka hubungan kolom – balok pada setiap ujung komponen struktur. Momen  $M_{pr}$  tidak perlu lebih besar daripada  $M_{pr}$  balok yang merangka pada hubungan balok – kolom yang sama.

Perencanaan tulangan transversal yang dipasang disepanjang daerah  $l_0$  untuk menahan gaya geser  $V_c$ , harus dilakukan dengan menganggap  $V_c = 0$  bila:

- 1 Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan  $M_{pr}$  mewakili 50 % atau lebih kuat geser perlu maksimum pada bagian disepanjang  $l_0$ .
- 2 Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melampaui  $A_g f_c / 20$ .

Karena gaya aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom umumnya lebih besar dari pada  $A_g f_c / 20$ , maka perencanaan geser kolom tetap menganggap beton efektif dalam berkontribusi menahan geser.

Langkah – langkah perencanaan tulangan geser kolom berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah sebagai berikut:

- a) Luas penampang beton ( $A_g$ ):

$$A_g = b_w \times h \dots \dots \dots (3.84)$$

- b) Perhitungan luas tulangan sengkang tertutup persegi (*hoops*) yang direncanakan.

$$A_v = n(1/4 \pi d_b^2) \dots \dots \dots (3.85)$$

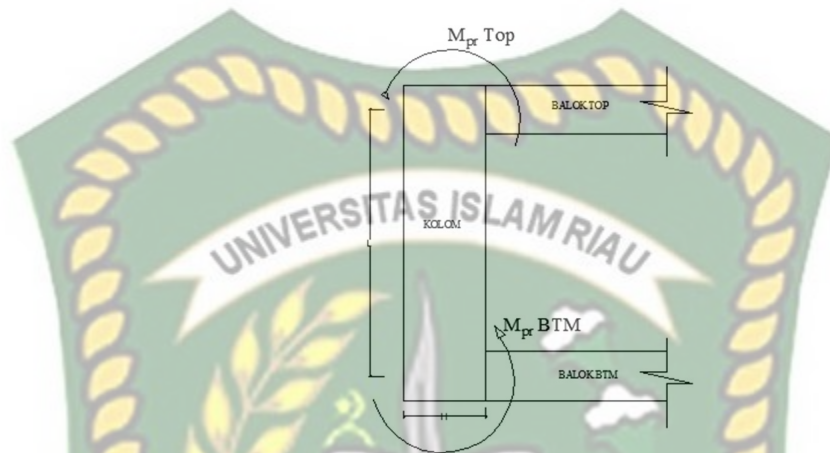
- c) Pemeriksaan luas tulangan geser minimum ( $A_{vmin}$ ) dengan persamaan 3.85. jika  $A_{vmin} \leq A_v$  maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

$$A_{vmi} = 1/3 (b_w s / f_y) \dots \dots \dots (3.86)$$

- d) Spasi antar tulangan sengkang (S) dihitung sesuai dengan ketentuan yang dijelaskan pada sub bab E.



- e) Keperluan tulangan *hoop* sepanjang  $l_0$  maupun diluar  $l_0$  dihitung sesuai dengan ketentuan yang dijelaskan pada sub bab E.
- f) Nilai  $V_c$  tidak perlu lebih besar dari  $V_{sway}$  yang dihitung berdasarkan  $M_{pr}$  balok seperti pada persamaan 3.87.



**Gambar 3. 8** Free Body (Tubuh Bebas) Diagram Pada Kolom

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-t} DF_{top} + M_{pr-b} DF_{btm}}{L} \dots\dots\dots(3.87)$$

**Penjelasan:**  $V_{sway}$  adalah geser yang terjadi disepanjang kolom akibat momen ujung ( $M_{pr}$ ) balok atas dan balok bawah. Besarnya momen ujung ( $M_{pr}$ ) ditentukan berdasarkan kuat lentur maksimum yang mungkin termobilisasi oleh tulangan lentur balok tersebut.

- g) Perhitungan kontribusi beton dalam menahan geser ( $V_c$ )

$$V_c = (\sqrt{f'_c}/6)b_w d \dots\dots\dots(3.88)$$

- h) Perhitungan kontribusi tulangan dalam menahan geser ( $V_s$ )

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \dots\dots\dots(3.89)$$

- i) Perhitungan kuat geser nominal ( $\phi V_n$ ). jika  $\phi V_n \leq V_{sway}$  , maka telah memenuhi persyaratan.

$$\phi V_n = \phi(V_c + V_s) \dots\dots\dots(3.90)$$

- j) Pemeriksaan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum berdasarkan persamaan 3.91.

$$V_u / \phi > V_c + 1/3 b_w d \dots\dots\dots(3.91)$$

- k) Pemeriksaan kontribusi beton dalam menahan geser ( $V_c$ ) untuk bentang diluar  $l_0$  dengan persamaan 3.92 jika  $V_c > V_u / \phi$ , maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan pada bentang tersebut.

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14g}\right) \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w d \dots \dots \dots (3.92)$$

Keterangan:

$A_g$  = luas penampang beton ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ch}$  = luas penampang inti beton ( $\text{mm}^2$ )

$A_{sh}$  = luas tulangan sengkang tertutup persegi ( $\text{mm}^2$ )

$A_{vmin}$  = luas tulangan sengkang minimum ( $\text{mm}^2$ )

$B_w$  = lebar penampang balok (mm)

$d$  = tinggi efektif (mm)

$d_b$  = diameter tulangan (mm)

$DF$  = faktor distribusi momen dibagian atas dan bawah kolom yang disesain. Batasan ini merefleksikan strong column-weak beam. Jika kekakuan kolom lantai atas sama dengan kolom lantai bawah, maka  $Df_{top} = Df_{btm} = 0,5$ .

$f'_c$  = tegangan tekan beton yang diisaratkan pada umur 28 hari (Mpa)

$f_yh$  = tegangan tarik baja pada saat leleh (Mpa)

$h_c$  = lebar inti kolom yang terkekang (mm)

$M_{pr-top}$  = penjumlahan  $M_{pr}$  untuk balok dilantai atas dimuka kolom interior

$M_{pr-btm}$  = penjumlahan  $M_{pr}$  untuk masing-masing balok dilantai bawah dimuka kolom interior

$N_u$  = gaya aksial terkecil dari kombinasi pembebanan (kN)

$s$  = spasi tulangan sengkang (mm)

$s_b$  = tebal selimut beton (mm)

$V_c$  = kuat geser beton (N)

$V_e$  = kuat geser perlu ujung-ujung balok (N)

$V_u$  = kuat geser ultimit (N)

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan, nilainya ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.3

BAB III .....	9
LANDASAN TEORI.....	9
3.1 Umum .....	9
3.2 Beton Bertulang .....	10
3.3 Pembebanan Struktur .....	11
3.4 Beban Mati .....	11
A. Berat Bahan Dan Konstruksi .....	11
B. Berat Peralatan Layan Tetap.....	11
C. Berat Sendiri Beban Mati.....	12
3.5 Beban Hidup.....	14
A. Reduksi Beban Hidup Merata .....	14
3.6 Beban Gempa .....	18
3.6.1 Perhitungan Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726:2012 .....	18
3.6.2 Gempa Rencana .....	19
3.6.3 Faktor Keutamaan ( $I_e$ ) dan Kategori Resiko Struktur Bangunan .....	19
3.6.4 Prameter Percepatan Gempa ( $S_s, S_1$ ) .....	21
3.6.5 Kelas Situs (SA-SF) .....	22
3.6.6 Kelas Situs SC, SD, dan SE.....	23
3.6.7 Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Risiko Tertarget ( $MCER$ ) Koefisien - Koefisien Situs dan Paramater - Parameter Respons Spektral Percepatan .....	24
3.6.8 Parameter Percepatan Spektral Desain .....	24
3.6.9 Spektrum Respons Desain.....	25
3.6.10 Kategori Desain Seismik (A-D).....	26
3.6.11 Faktor Reduksi.....	28
3.6.12 Perioda Fundamental ( $T$ ).....	29
3.6.14 Distribusi Vertikal Gaya Gempa .....	32
3.6.15 Distribusi Horizontal Gaya Gempa .....	33
3.6.16 Simpangan Antar Lantai ( <i>Story Drift</i> ) .....	33
3.6.17 Pemeriksaan Waktu Getar Struktur .....	35
3.6.18 Kombinasi Pembebanan Untuk Metode Ultimit.....	35
3.6.19 Pengaruh Beban Gempa .....	36

3.6.20	Konsep Desain Terhadap Beban Gempa.....	39
3.6.21	Persyaratan Material Kontruksi .....	40
3.7	Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).....	40
3.7.1	Persyaratan Geometri.....	40
3.7.2	Persyaratan Tulangan Lentur .....	41
3.7.3	Analisa Tulangan Lentur .....	42
3.7.4	Persyaratan Tulangan Transversal .....	45
3.7.5	Persyaratan Kuat Geser Untuk Komponen Struktur Lentur .....	46
3.7.6	Analisa Tulangan Geser.....	48
3.7.7	Analisa Tulangan Torsi (Puntir) .....	50
3.8	Persyaratan Detailing Komponen Struktur Kolom SRPMK.....	52
3.8.1	Persyaratan Geometri.....	52
3.8.2	Persyaratan Tulangan Lentur .....	52
3.8.3	Analisa Tulangan Lentur.....	53
3.8.4	Persyaratan Tulangan Geser .....	58
3.8.5	Analisa Tulangan Geser.....	59





<b>Gambar 3. 1</b>	Tampilan Nilai $S_s$ dan $S_1$ (Aplikasi Desain Spektra Indonesia).....	21
<b>Gambar 3. 2</b>	Spektrum Respons Desain (Sumber SNI 1726:2012).....	26
<b>Gambar 3.3</b>	Persyaratan Geometri Penampang Balok (Imran dan Hendrik, 2010:43, dalam Syanandito).....	41
<b>Gambar 3. 4</b>	Perhitungan kuat geser balok (SNI 03-2847-2002) .....	46
<b>Gambar 3.5</b>	Persyaratan Tulangan Taransversal (Imran dan Hendrik, 2010 dalam syahnandito) .....	47
<b>Gambar 3. 6</b>	Persyaratan Tulangan Untuk Sengkang Tertutup (Imran dan Hendrik, 2010 dalam syahnandito).....	47
<b>Gambar 3. 7</b>	Diagram Interaksi Kolom .....	54
<b>Gambar 3. 8</b>	Free Body Diagram Pada Kolom .....	60
<b>Tabel 3. 1</b>	Berat Sendiri Bahan Bangunan (SKBI,1987).....	12
<b>Tabel 3.2</b>	Berat Sendiri Komponen Gedung (SKBI,1987).....	13
<b>Tabel 3.3</b>	Beban hidup terdistribusi merata minimum, $L_0$ dan beban terpusat minimum. (SNI 1727 : 2013) .....	14
<b>Tabel 3. 4</b>	Faktor Keutamaan Gempa ( $I_e$ ). (SNI 1726:2012).....	19
<b>Tabel 3. 5</b>	Kategori Resiko Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung Untuk Bangunan Gempa (SNI 1726:2012).....	19
<b>Tabel 3. 6</b>	Klasifikasi Situs (SNI 1726:2012) .....	22
<b>Tabel 3. 7</b>	Koefisien Situs $F_a$ (SNI 1726:2012) .....	25
<b>Tabel 3. 8</b>	Koefisien Situs $F_v$ (SNI 1726:2012).....	25
<b>Tabel 3. 9</b>	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek (SNI 1726 : 2012) .....	27
<b>Tabel 3. 10</b>	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik (SNI 1726 : 2012) .....	27
<b>Tabel 3. 11</b>	Faktor $R$ , $C_d$ Dan $\Omega_0$ Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726 : 2012) .....	28
<b>Tabel 3. 12</b>	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung (SNI 1726:2012)	30
<b>Tabel 3. 13</b>	Nilai Parameter Periode Pendekatan $C_t$ dan $x$ (SNI 1726:2012).....	30
<b>Tabel 3. 14</b>	Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ ) (SNI 1726:2012).....	34
<b>Tabel 3. 15</b>	Persyaratan untuk masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar (SNI 1726:2012).....	37

**Tabel 3. 16** Faktor Reduksi Kekuatan, Ø (SNI 03 – 2847 – 2002) ..... 45

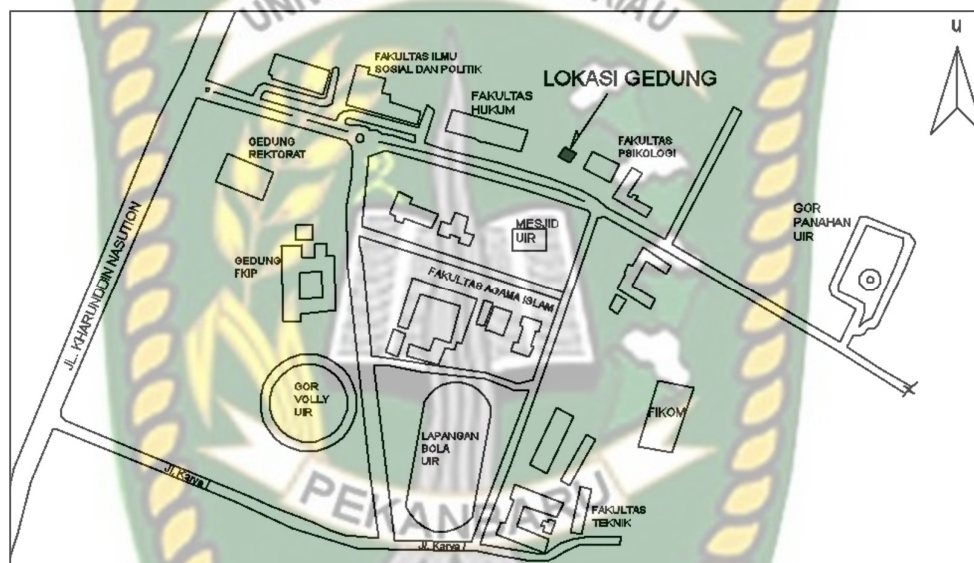


Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau yang berlokasi di Jalan Kaharuddin Nasution Km 11, Perhentian Marpoyan, Pekanbaru, Riau. Lokasi gedung berada di kawasan kampus Universitas Islam Riau. Peta lokasi gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta Lokasi Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau

### 4.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa gambar rencana struktur yaitu gambar struktur pada bangunan gedung Mahasiswa Universitas Islam dan data tanah berupa sondir serta metode literatur diperoleh dari SNI 1726-2012 juga SNI 03-2847-2002. SKBI-1987 sebagai pedoman dalam melakukan perhitungan pembebanan pada struktur gedung dan Peta gempa Indonesia 2012 sebagai acuan dasar tinjauan. Penelitian ini juga mengambil dari tugas akhir, jurnal penelitian buku-buku, dan bahan lainnya yang bersangkutan dengan topik penelitian yang dijadikan referensi untuk membantu proses penelitian.

Data-data teknis gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau yang terdiri dari luas bangunan, tinggi lantai, dan material yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. Luas Plat Lantai : 814,23 m<sup>2</sup>
  - Lantai dak 2 : 183,15 m<sup>2</sup>
  - Lantai dak : 152,16 m<sup>2</sup>
  - Lantai 3 : 152,16 m<sup>2</sup>
  - Lantai 2 : 152,16 m<sup>2</sup>
  - Lantai 1 : 152,16 m<sup>2</sup>
  - Lantai dasar : 152,16 m<sup>2</sup>
2. Tinggi tiap lantai dasar:
  - Lantai dak 2 : + 17,80 m
  - Lantai dak : + 14,80 m
  - Lantai 3 : +11,20 m
  - Lantai 2 : + 7,60 m
  - Lantai 1 : + 4,00 m
  - Lantai dasar : + 0,00 m
3. Mutu beton dan baja:
  - A. Beton K-300 ( $f'_c = 24,9 \text{ MPa} = 24900 \text{ kPa}$ ) untuk komponen beton.
  - B. Baja Tulangan ( $f_y = 390 \text{ MPa}$ ) untuk tulangan diameter  $> 19 \text{ mm}$ .
  - C. Baja Tulangan ( $f_y = 240 \text{ MPa}$ ) untuk tulangan diameter  $< 12 \text{ mm}$ .

#### 4.3 Uraian Penelitian

Dalam penelitian ini meliputi analisa beban gempa, analisa gaya dalam, dan analisa *detailing* struktur beton bertulang.

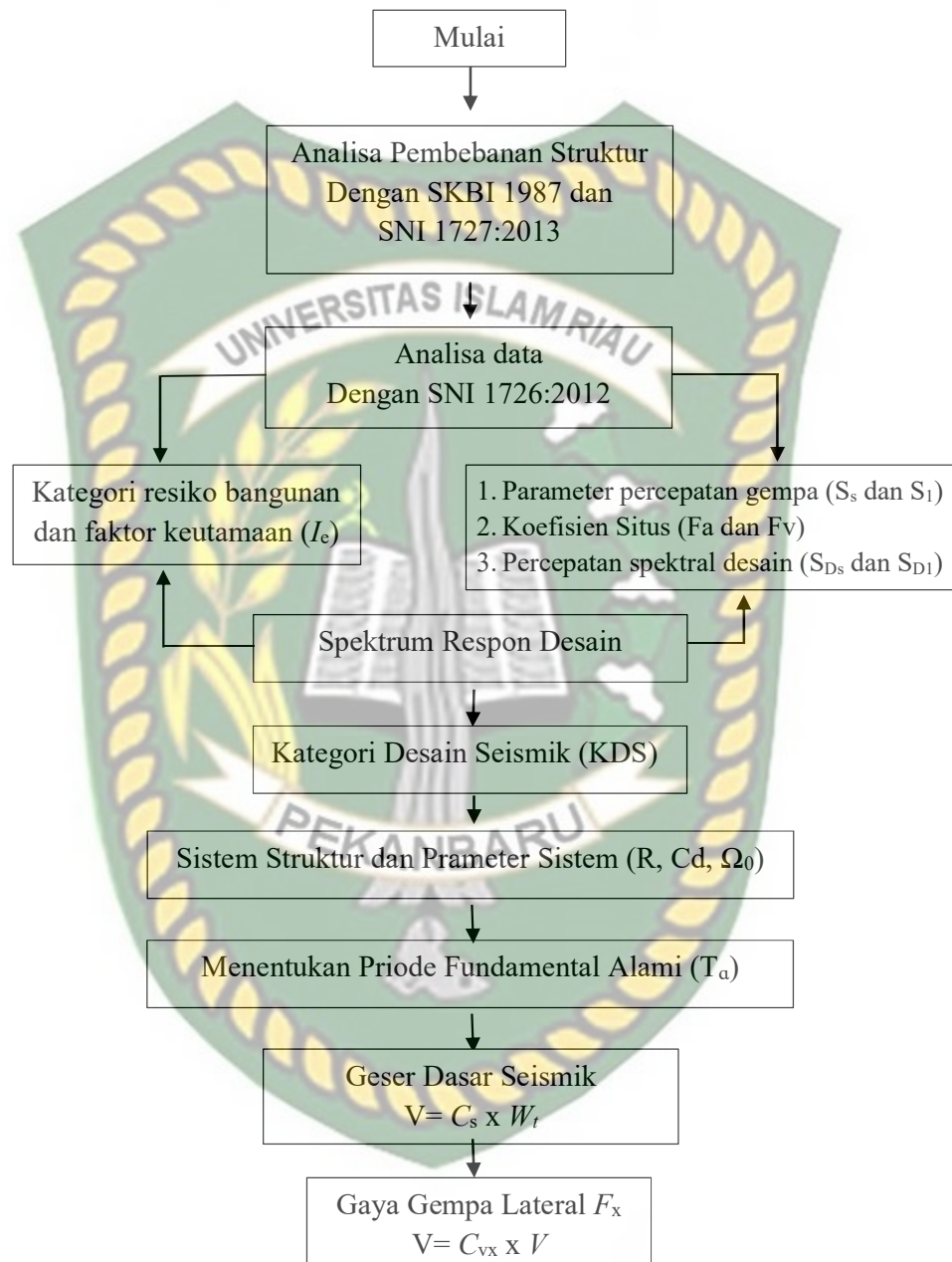




**Gambar 4. 2** Bangsan Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian

#### 4.3.1. Analisa Beban Gempa

Uraian penelitian analisa beban gempa dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 4. 3** Bangan Alir Perhitungan Beban Gempa

1. Analisa pembebanan

Pembebanan struktur dihitung berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG, 1987), dan SNI 1727 : 2013 sehingga didapat berat yang dipikul oleh setiap lantai bangunan ( $W$ ) akibat berat sendiri struktur maupun akibat beban hidup yang bekerja pada struktur.

2. Penentuan Kategori Risiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan ( $I_e$ )

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 kategori risiko struktur bangunan dibagi dalam 4 kategori yang ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan gedung. Faktor keutamaan ditentukan berdasarkan kategori risiko struktur gedung, dimana dalam penelitian ini kategori struktur termasuk pada kategori I dan II.

3. Penentuan Prameter – Prameter Spektrum Respons

Penentuan Prameter – Prameter Spektrum Respons Desain meliputi parameter percepatan gempa  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada priode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar priode 1 detik). Kelas situs yang ditetapkan berdasarkan jenis tanah tempat bangunan berdiri, faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran pada priode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan yang mewakili getaran priode 1 detik ( $F_v$ ), prameter spektrum respons percepatan pada priode pendek ( $S_{ms}$ ) dan priode 1 detik ( $S_{m1}$ ), parameter percepatan spektral desain untuk priode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada priode 1 detik ( $S_{D1}$ ), dapat didownload secara otomatis pada aplikasi desain spektra Indonesia dengan masuk kesitus Puskim.pu.go.id dengan alamat [http://puskim.pu.go. id/aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/), Kemudian bisa diisikan menggunakan koordinat lokasi gedung atau dengan nama kota lokasi gedung

#### 4. Penentuan Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik dibagi dalam 6 kategori (A – F) yang ditetapkan berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya,  $S_{Ds}$  dan  $S_{D1}$ . Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan dipermukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Profil tanah disitus harus diklasifikasikan sesuai dengan Tabel 3.6 berdasarkan profil tanah lapisan 30 meter paling atas.

#### 5. Penentuan Sistem Struktur dan Parameter Sistem ( $R$ , $C_d$ , $\Omega_0$ )

Penentuan sistem struktur 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 ditinjau dalam Tabel 3.11. koefisien modifikasi respons yaitu sesuai,  $R$ , faktor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan koefisien amplifikasi defleksi,  $C_d$ , sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel. 3.11 harus digunakan dalam penentuan geser dasar.

#### 6. Perhitungan Periode Fundamental Struktur( $T$ ).

Periode fundamental struktur  $T$  dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan property struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ).

#### 7. Perhitungan Geser Dasar Seismik ( $V$ )

Perhitungan geser dasar seismik ( $V$ ) dihitung berdasarkan koefisien respons seismik ( $C_s$ ) dan berat total bangunan ( $W$ ).

#### 8. Perhitungan Gaya Gempa Lateral ( $F_x$ )

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) dihitung untuk setiap lantainya pada arah sumbu X dan Y.



#### 4.3.2. Analisa Gaya Dalam

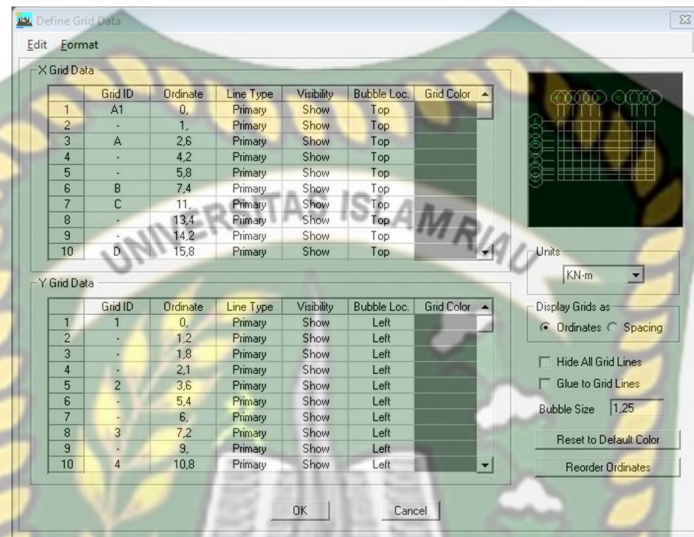
Dalam menganalisa gaya dalam yang dihitung menggunakan ETABS V.9.7.4 dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Bangan Alir Perhitungan Gaya Dalam

## 1. Pemodelan Struktur

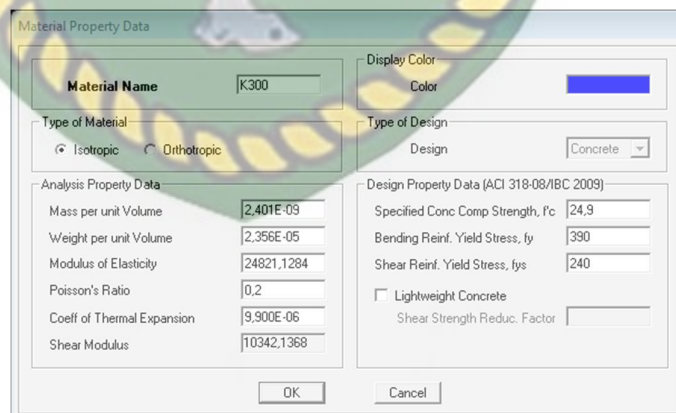
Setelah menentukan satuan unit, kemudian struktur dimodelkan berdasarkan bentuk dan ukuran struktur bangunan sebenarnya, seperti pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4. 5 Plan Grid System

## 2. Penentuan Material

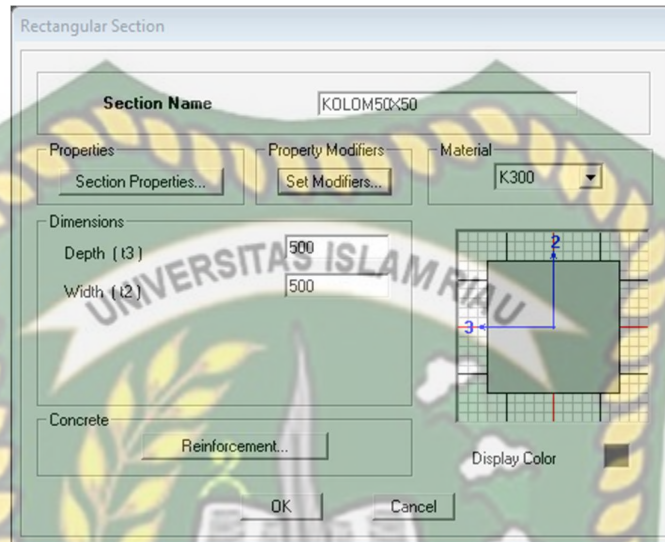
Penentuan material bertujuan mendefinisikan properti material struktur yang menjadi material beton dan baja. Didefinisikan berat volume beton dan baja, modulus elastisitas ( $E$ ), *Poisson Ratio* ( $U$ ), kuat tekan beton ( $f'c$ ), dan kuat tarik baja ( $f_y$ )



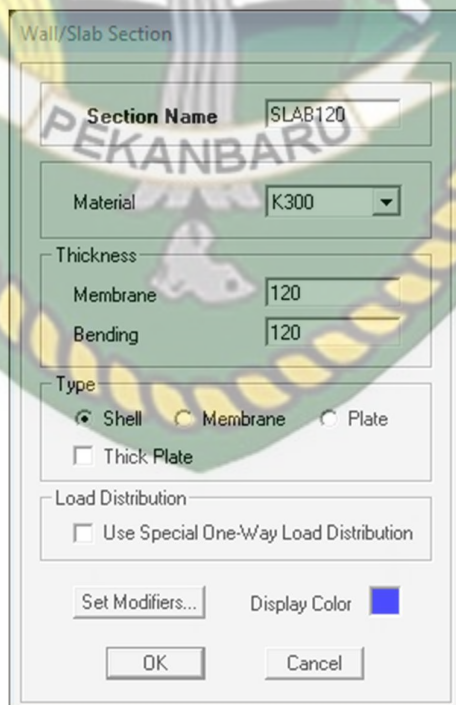
Gambar 4. 6 Define Material Properties

### 3. Penentuan *Section Properties*

Penentuan section properties bertujuan mendefinisikan data – data penampang balok, kolom, plat yang digunakan.



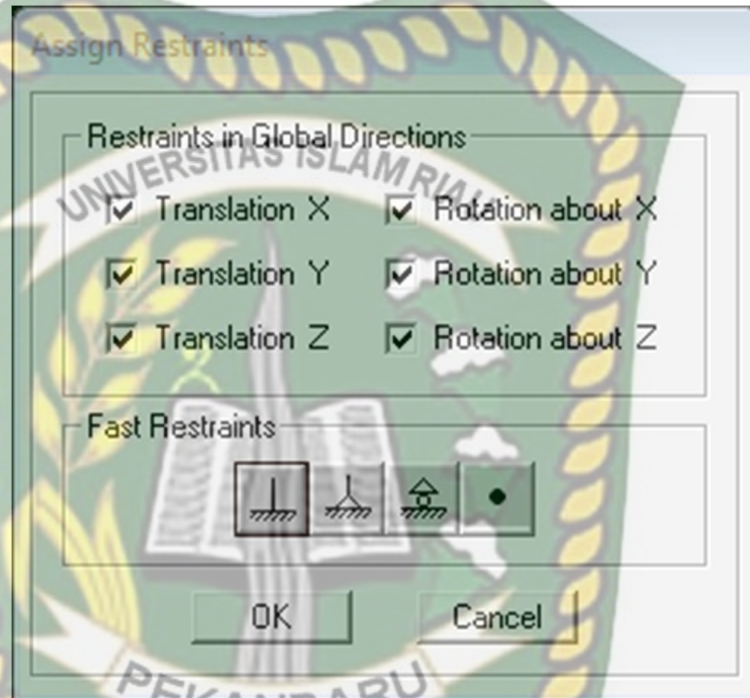
**Gambar 4. 7** Pemodelan Kolom dan Balok



**Gambar 4. 8** Pemodelan Pelat Lantai

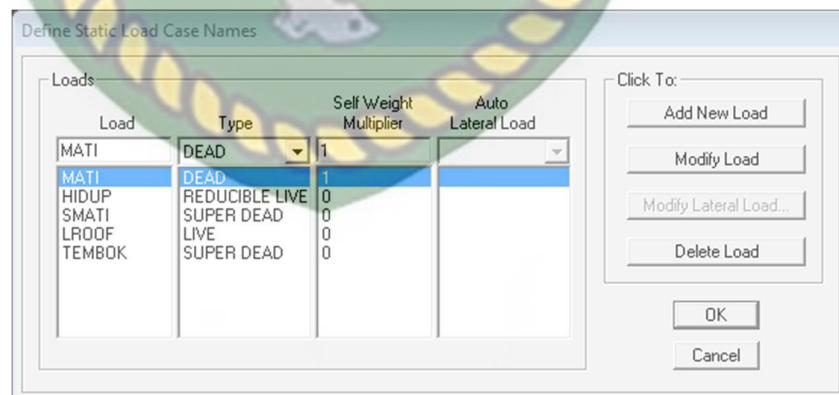
#### 4. Penentuan *Joint Restraints*

Penentuan *Joint Restraints* (tumpuan) bertujuan untuk menentukan jenis tumpuan pada bangunan. Umumnya ditentukan tumpuan jepit.



Gambar 4. 9 Assign Restraints

#### 5. Pembebanan Struktur



Gambar 4. 10 Load Case Definition



## 6. Penentuan *Frame Loads* dan *Area Loads*

Setelah dihitung beban struktur yang bekerja berupa beban hidup, beban mati, kemudian diinput pada *Frame Loads* dan *Area Loads*. Seperti pada Gambar 4. 8 dan 4. 9 dibawah ini.

**Gambar 4. 11** *Frame Distributed Loads*

**Gambar 4. 12** *Uniform Surface Loads, Floor*

7. *Run Analyz*,

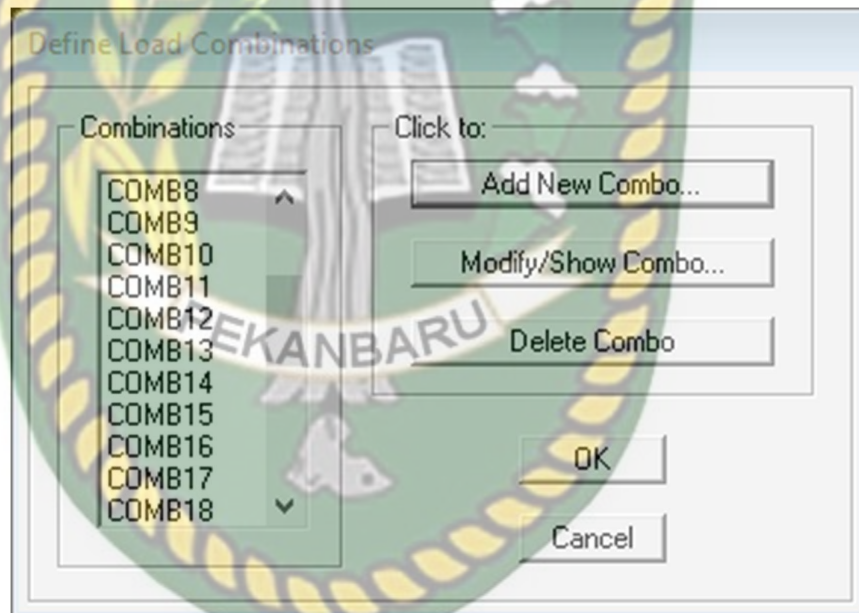
Dengan melakukan *Run Analyz*, maka dapat mengecek apakah jumlah mode shape struktur mencukupi (diatas 90 persen pada semua arah).

8. Input Beban Gempa

Setelah melakukan perhitungan gaya gempa lateral untuk setiap lantai pada arah X dan Y, maka gaya gempa lateral di input pada sumbu X dan Y.

9. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang diinput terdiri dari 18 kombinasi pembebanan seperti pada Gambar 4. 10 dibawah ini.



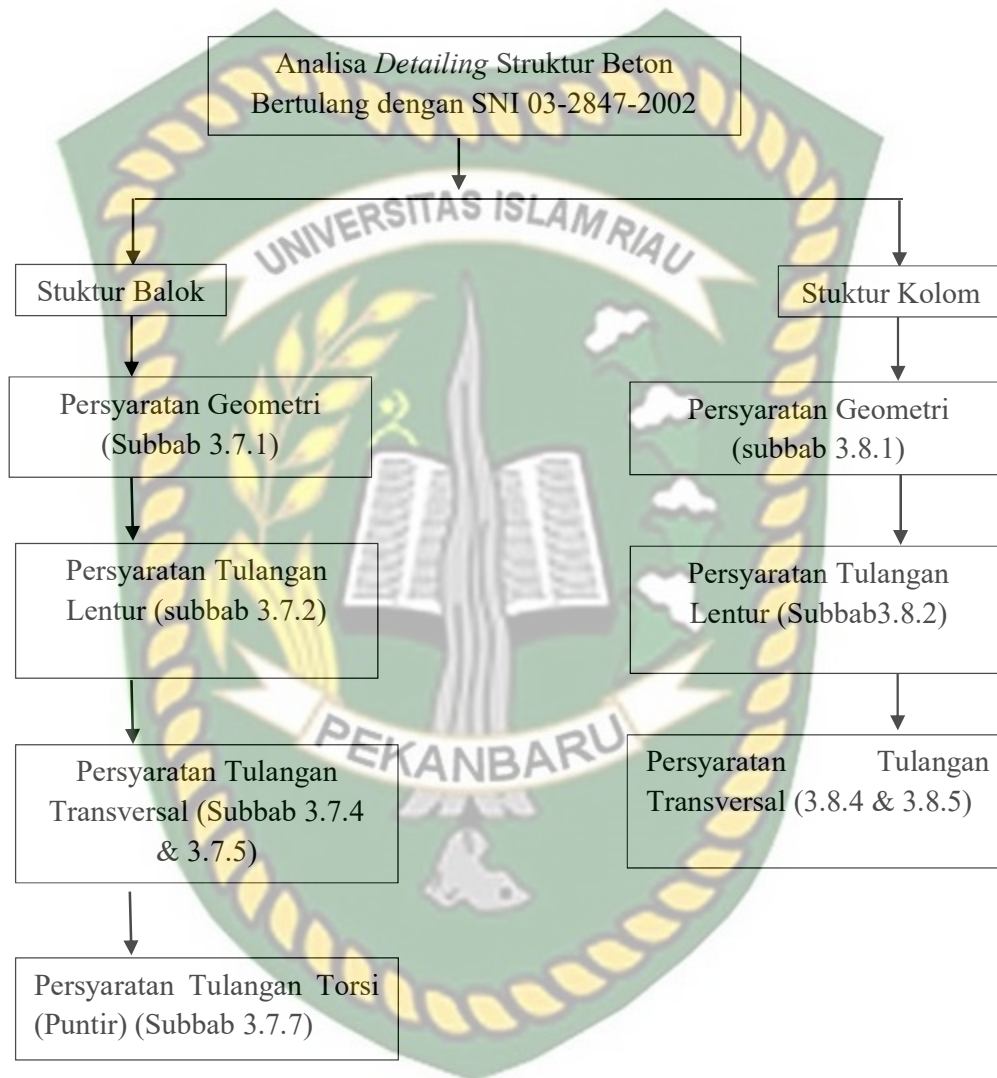
**Gambar 4. 13** *Define Load Combinations*

10. *Analysis Results*.

Setelah semua langkah di atas dilakukan, maka diperoleh *Analysis Results* (hasil analisa) berupa momen, geser, torsi, dan aksial.

#### 4.3.3. Analisa *Detailing* Struktur Beton Bertulang

Uraian penelitian dalam analisa *Detailing* struktur beton bertulang dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. 14 Bangsan Alir Perhitungan *Detailing* Struktur

1. Analisa Persyaratan Geometri

Analisa persyaratan geometri dilakukan terhadap *Detailing* struktur balok (dijelaskan pada subbab 3.7.1) dan *detailing* struktur kolom (dijelaskan pada subbab 3.8.1) apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan pada SNI 03-2847-2002.

2. Analisa Tulangan Lentur

Analisa tulangan lentur dilakukan terhadap *detailing* struktur balok (dijelaskan pada subbab 3.7.2) dan *detailing* struktur kolom (dijelaskan pada 3.8.2) apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan pada SNI 03-2847-2002.

3. Analisa Tulangan Transversal

Analisa tulangan Transversal dilakukan terhadap *detailing* struktur balok (dijelaskan pada subbab 3.7.4 dan 3.7.5) dan *detailing* struktur kolom (dijelaskan pada subbab 3.8.4 dan 3.8.5) apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan pada SNI 03-2847-2002.

4. Analisa Tulangan Torsi

Analisa tulangan torsi dilakukan terhadap *detailing* struktur balok (dijelaskan pada subbab 3.7.7) apakah sudah sesuai dengan persyaratan yang ditentukan pada SNI 03-2847-2002.



<b>Gambar 4. 1</b> Peta Lokasi Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau.....	62
<b>Gambar 4. 2</b> Bangan Alir Tahapan Pelaksanaan Penelitian .....	64
<b>Gambar 4. 3</b> Bangan Alir Perhitungan Beban Gempa .....	65
<b>Gambar 4. 4</b> Bangan Alir Perhitungan Gaya Dalam.....	68
<b>Gambar 4. 5</b> Plan Grid System .....	69
<b>Gambar 4. 6</b> Define Material Properties.....	69
<b>Gambar 4. 7</b> Pemodelan Kolom dan Balok .....	70
<b>Gambar 4. 8</b> Pemodelan Pelat Lantai.....	70
<b>Gambar 4. 9</b> Assign Restraints.....	71
<b>Gambar 4. 10</b> Load Case Definition.....	71
<b>Gambar 4. 11</b> <i>Frame Distributed Loads</i> .....	72
<b>Gambar 4. 12</b> <i>Uniform Surface Loads, Floor</i> .....	72
<b>Gambar 4. 13</b> Define Load Combinations.....	73
<b>Gambar 4. 14</b> Bangan Alir Perhitungan Detailing Struktur .....	74

**BAB V**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**5.1 Analisa Beban Pada Struktur**

Analisa beban pada struktur gedung untuk mengetahui besarnya beban yang harus dipikul oleh struktur gedung tersebut.

Dalam melakukan analisa pembebanan untuk gedung digunakan data beban mati dan beban hidup seperti dibawah ini:

1. Beban Mati

- a. Berat isi beton = 24 kN/m<sup>3</sup> (SKBI,1987)
- b. Spesi per cm tebal = 0,21 kN/m<sup>2</sup> (SKBI,1987)
- c. Plafond + rangka = 0,085 kN/m<sup>2</sup>
- d. Dinding ½ bata = 2,5 kN/m<sup>2</sup> (SKBI,1987)
- e. Waterproofing = 0,14 kN/m<sup>2</sup> (SKBI,1987)

2. Beban Hidup

- a. Koridor di atas lantai pertama = 3,83 kN/m<sup>2</sup> (SNI 1727 : 2013)
- b. Runag Kantor = 2,40 kN/m<sup>2</sup> (SNI 1727 : 2013)
- c. Ruang pertemuan = 4,79 kN/m<sup>2</sup> (SNI 1727 : 2013)
- d. Tangga dan jalan keluar = 4,79 kN/m<sup>2</sup> (SNI 1727 : 2013)
- e. Lantai dak = 0,96 kN/ m<sup>2</sup> (SNI 1727 : 2013)

**5.2 Berat Total Bangunan**

Berat bangunan total didapat dengan menjumlahkan beban per lantai. Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A. 2 berat total bangunan seperti pada Tabel 5.1 dibawah ini.

**Tabel 5. 1** Berat Total Bangunan

Lantai	Tinggi Lantai	Berat (kN)
A	B	C
Lantai dak 2	17,8	140,625
Lantai dak1	14,8	1247,532
Lantai 3	11,2	2234,561

**Tabel 5. 1** Lanjutan

A	B	C
Lantai 2	7,6	2109,728
Lantai 1	4	2236,459
<b>W total</b>		<b>7968,905</b>

### 5.3 Analisa Gaya Gempa Lateral Berdasarkan SNI 1726 : 2012

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A 3. 2 didapat gaya gempa arah x dan arah y seperti pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 di bawah ini.

**Tabel 5. 2** Gaya Gempa Lateral Arah X

Lantai	$h_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i x h_i x^k$ (kN)	$F_{ix}$ (kN)	$V_{ix}$ (kN)
Lantai Dak 2	17,80	140,625	3.649,946	5,617	5,617
Lantai dak 1	14,80	1247,532	26.279,539	40,445	46,062
Lantai 3	11,20	2234,561	34.344,547	52,857	98,920
Lantai 2	7,60	2109,728	20.913,493	32,187	131,106
Lantai 1	4,00	2236,459	10.727,311	16,510	147,616
<b>JUMLAH</b>			<b>7968,905</b>	<b>95.914,836</b>	<b>147,616</b>

**Tabel 5. 3** Gaya Gempa Lateral Arah Y

Lantai	$h_i$ (m)	$W_i$ (kN)	$W_i y h_i y^k$ (kN)	$F_{iy}$ (kN)	$V_{iy}$ (kN)
Lantai Dak 2	17,80	140,625	3224,916	5,481	5,481
Lantai dak 1	14,80	1247,532	23404,345	39,776	45,256
Lantai 3	11,20	2234,561	30955,756	52,609	97,866
Lantai 2	7,60	2109,728	19166,887	32,574	130,440
Lantai 1	4,00	2236,459	10106,535	17,176	147,616
<b>JUMLAH</b>			<b>7968,905</b>	<b>86.858,439</b>	<b>147,616</b>

### 5.4 Kombinasi Pembebanan Metode Ultimit

Berdasarkan SNI 1726 : 2012, dengan nilai  $S_{DS} = 0,241$  dan faktor reduksi  $\rho = 1,3$  (untuk KDS "D") maka didapat kombinasi pembebanan untuk metode ultimit seperti pada tabel 5.4 dibawah ini.

**Tabel 5. 4** Kombinasi Pembebanan

KOBINASI	koefisien	koefisien	koefisien	koefisien
	Mati (D)	hidup (L)	Gempa EX	Gempa Ey
A	B	C	D	E
kombinasi 1	1,2000	0	0	0
kombinasi 2	1,2000	1,6	0	0
kombinasi 3	1,3095	1	0,39	1,3
kombinasi 4	1,0905	1	-0,39	-1,3
kombinasi 5	1,1411	1	0,39	-1,3
kombinasi 6	1,2589	1	-0,39	1,3
kombinasi 7	1,3095	1	1,3	0,39
kombinasi 8	1,0905	1	-1,3	-0,39
kombinasi 9	1,2589	1	1,3	-0,39
kombinasi 10	1,1411	1	-1,3	0,39
kombinasi 11	0,7905	0	0,39	1,3
kombinasi 12	1,0095	0	-0,39	-1,3
kombinasi 13	0,9589	0	0,39	-1,3
kombinasi 14	0,8411	0	-0,39	1,3
kombinasi 15	0,7905	0	1,3	0,39
kombinasi 16	1,0095	0	-1,3	-0,39
kombinasi 17	0,8411	0	1,3	-0,39
kombinasi 18	0,9589	0	-1,3	0,39

### 5.5 Analisa *Detailing* Komponen Struktur Balok

Dalam analisa *detailing* struktur balok, diperlukan hasil analisa struktur menggunakan program untuk mencari nilai momen lentur, gaya geser, dan aksial pada masing – masing portal yang ditinjau. Analisa yang dilakukan terhadap struktur balok meliputi analisa persyaratan geometri, analisa tulangan lentur, dan analisa tulangan transversal.



Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.5.1 hasil analisa geometri pada balok dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

**Tabel 5. 5** Analisa Persyaratan Geometri Balok

Type Balok			P (kN)	P <sub>max</sub> (kN)	P ≤ P <sub>max</sub> (kN)	Bentang Bersih (mm)	4 d (mm)	Bentang Bersih ≥ 4d	b <sub>w</sub> (mm)	h (mm)	b <sub>w</sub> ≥ 250 (mm)	b <sub>w</sub> / h	b <sub>w</sub> / h ≥ 0,3
b <sub>w</sub> (mm)	h (mm)	L (mm)											
<b>Portal AS -3 (A,B,C,D)</b>													
300	500	3600	0	373,50	OK	3100	1704	OK	300	500	OK	0,6	OK
300	500	4800	0	373,50	OK	4300	1704	OK	300	500	OK	0,6	OK
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>													
300	500	3600	0	373,50	OK	3100	1704	OK	300	500	OK	0,6	OK
300	500	3600	0	373,50	OK	3100	1704	OK	300	500	OK	0,6	OK

Dari hasil analisa persyaratan geometri balok, seluruh tipe struktur balok di masing – masing portal yang ditinjau telah memenuhi persyaratan – persyaratan geometri seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002.

Untuk analisa tulangan lentur balok dilakukan pada lokasi ujung kiri ujung kanan, dan midspan balok dengan kondisi goyangan struktur ke kiri, dan ke kanan akibat gaya gempa yang bekerja pada struktur.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.1, hasil analisa persyaratan lentur struktur dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

**Tabel 5. 6** Analisa Tulangan Lentur Balok

No	Tipe Balok	L (m)	Lokasi	Goy	M <sub>u</sub> (Kn/m)	ØM <sub>n</sub> (Kn/m)	M <sub>u</sub> ≤ ØM <sub>n</sub>
A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Portal AS - 2 (A,B,C,D)</b>							
1	Balok 30/50	4,8	Interior	kiri -	126,67	169,225	OK
			Kiri	kanan +	19,615	112,665	OK
			Interior	kanan -	24,523	169,225	OK
			Kanan	kiri +	14,446	112,665	OK

Tabel 5. 6 Lanjutan

A	B	C	D	E	F	G	H
			Midspan	kanan	64,714	169,225	OK
				kiri	64,714	112,665	OK
2	Balok 30/50	3,6	Interior	kiri -	56,208	169,225	OK
			Kiri	kanan +	16,641	112,665	OK
			Interior	kanan -	17,953	169,225	OK
			Kanan	kiri +	21,932	112,665	OK
			Midspan	kanan	26,153	169,225	OK
				kiri	26,153	112,665	OK
<b>Portal AS - B (1,2,3,4)</b>							
1	Balok 30/50	3,6	Interior	kiri -	65,943	169,225	OK
			Kiri	kanan +	17,826	112,665	OK
			Interior	kanan -	18,229	169,225	OK
			Kanan	kiri +	28,392	112,665	OK
			Midspan	kanan	33,275	169,225	OK
				kiri	33,275	112,665	OK

Dari hasil persyaratan tulangan lentur balok yang dapat dilihat dalam Tabel 5.6 seluruh tipe struktur balok di masing – masing portal yang ditinjau telah memenuhi persyaratan – persyaratan tulangan lentur seperti yang telah ditetapkan dalam SNI-03-2847-2002 yang berkaitan dengan momen rencana dan momen ultimit dibagian ujung balok dan juga telah memenuhi syarat tulangan sengkang disepanjang daerah sambungan lewatan.

Dari hasil analisa kemampuan tulangan lentur balok yang dapat dilihat pada Tabel 5.6, seluruh balok telah memenuhi persyaratan – persyaratan tulangan lentur seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002, dimana besarnya momen rencana  $\geq$  momen ultimit telah memenuhi syarat kemampuan struktur balok.

Untuk analisa kemampuan tulangan transversal struktur balok dilakukan pada bagian tumpuan dan lapangan balok dengan kondisi goangan struktur ke kiri dan ke kanan akibat gaya gempa yang bekerja pada struktur. Pada bagian tumpuan

spesi tulangan transversal adalah 100 mm, sedangkan pada bagian lapangan spesi tulangan transversal adalah 150 mm. Untuk nilai gaya geser ( $V_u$ ) maksimal untuk analisa bagian lapangan tetap digunakan nilai geser maksimal ( $V_u$ ) yang terjadi pada bagian tumpuan karena nilai gaya geser maksimal yang terjadi pada bagian tumpuan balok merupakan gaya geser terbesar yang mungkin terjadi disepanjang balok.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.1 hasil analisa kemampuan tulangan transversal struktur balok pada portal dapat dilihat pada Tabel 5.7 di bawah ini.

**Tabel 5. 7** Analisa Tulangan Geser Balok

No	Tipe Balok		Lokasi	$V_{s\ maks}$ (N)	$\phi V_n$ (kN)	$V_u$ (kN)	$\phi V_n \geq V_u$
<b>Portal AS - 2 (A,B,C,D)</b>							
1	30	50	Tum	452.147,15	152,50	134,34	Ok
	L = 4,8 m		Lap	452.147,15	152,50	134,34	Ok
2	30	50	Tum	452.147,15	152,50	74,40	Ok
	L = 3,6 m		Lap	452.147,15	152,50	74,40	Ok
<b>Portal AS - B (1,2,3,4)</b>							
1	30	50	Tum	452.147,15	152,50	74,40	Ok
	L = 3,6 m		Lap	452.147,15	152,50	74,40	Ok

Dari hasil kemampuan tulangan transversal struktur balok, seluruh tipe struktur balok di masing – masing portal yang ditinjau telah memenuhi persyaratan – persyaratan tulangan lentur seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002, dimana luas tulangan transversal rencana  $\geq$  luas tulangan transversal minimum yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002. Nilai gaya geser rencana  $\geq$  gaya geser ultimit juga telah memenuhi syarat kemampuan tulangan transversal balok.

Untuk analisa tulangan torsi balok dilakukan pada bagian tumpuan dan lapangan balok. Pada bagian tumpuan spesi tulangan sengkang yang digunakan adalah 100 mm, sedangkan pada bagian lapangan adalah 150 mm. Tulangan yang dibutuhkan untuk torsi harus ditambahkan pada tulangan yang dibutuhkan untuk



menahan momen dan untuk menahan geser. Jadi tulangan torsi berupa tulangan longitudinal dan sengkang tertutup yang di tambahkan.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.1, hasil analisa tulangan torsi pada struktur balok dapat dilihat pada Tabel 5.8. Dari hasil analisa tulangan torsi struktur balok, seluruh tipe struktur balok di masing – masing portal yang ditinjau telah memenuhi persyaratan – persyaratan tulangan lentur seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002. Dimana luas tulangan longitudinal balok *existing*  $\geq$  luas tulangan longitudinal balok minimum yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002, dan luas tulangan transversal balok *existing*  $\geq$  luas tulangan transversal balok minimum yang disyaratkan dalam SNI 03-2847-2002.

**Tabel 5. 8** Analisa Tulangan Torsi

No.	Type Balok	Lokasi	$b_w$ (mm)	$h$ (mm)	$s$ (mm)	$B_w$	$h$	$T_u$ (kN/m)	$T_n$ (kN/m)	Ket
<b>Portal AS -3 (A,B,C,D)</b>										
1	Balok 30/50 (L=4,8 m)	Tum	300	500	100	300	500	5,904	7,872	Ok
		Lap	300	500	150	300	500	5,904	7,872	Ok
2	Balok 30/50 (L=3,6 m)	Tum	300	500	100	300	500	2,900	7,872	Ok
		Lap	300	500	150	300	500	2,900	7,872	Ok
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>										
1	Balok 30/50 (L=3,6 m)	Tum	300	500	100	300	500	4,450	7,872	Ok
		Lap	300	500	150	300	500	4,450	7,872	Ok

## 5.6 Analisa *Detailing* Komponen Struktur Kolom

Dalam analisa *detailing* struktur kolom, diperlukan analisa struktur menggunakan program etabs yang berupa momen lentur, gaya geser, gaya aksial pada masing-masing portal yang ditinjau. Untuk keperluan analisa, digunakan nilai



maksimum pada struktur yang ditinjau. Analisa yang dilakukan terhadap kolom meliputi analisa persyaratan geometri, analisa tulangan lentur, dan analisa tulangan transversal.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.2, hasil analisa geometri struktur kolom dapat di lihat pada tabel 5.13 di bawah ini.

**Tabel 5. 9** Persyaratan Geometri Kolom

Tipe Kolom	$bw$ (mm)	$h$ (mm)	$bw/h$ (mm)	$bw/h$ $\geq 0,4$ (mm)	$bw \geq$ <b>300</b> (mm)	<b>P</b> (kN)	$P_{min}$ (kN)	ket
<b>Portal AS -3 (A,B,C,D)</b>								
Kolom 50 x 50 (L= 3,6 m)	500	500	1	Ok	Ok	1.148,14	622,5	Ok
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>								
Kolom 50 x 50 (L= 3,6 m)	500	500	1	Ok	Ok	1.148,14	622,5	Ok

Dari hasil analisa geometri kolom, seluruh tipe struktur kolom telah memenuhi persyaratan tulangan lentur seperti yang telah ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.2 hasil analisa struktur kolom dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5. 10** Gaya Aksial Dan Momen Pada Kolom.

No	Tipe Kolom	$P_u$ kNm	$M_u$ kNm	$\emptyset P_n$ kNm	$\emptyset M_n$ kNm	$\emptyset P_n >$ $P_u$	$\emptyset M_n >$ $M_u$
<b>Portal AS - 2 (A,B,C,D)</b>							
1	60x60 (L=4,5m)	1148,14	120,962	3186,482	304,934	Oke	Oke
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>							
2	60x60 (L=4,5m)	996	120,962	3186,482	304,934	Oke	Oke

Dari hasil analisa perhitungan pada Tabel 5.10 besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada kolom tidak kurang dari  $0,1Agfc'$  telah memenuhi syarat berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002. Gaya aksial rencana ( $\phi P_n$ ) dan momen rencana  $\phi M_n$  menunjukkan tulangan lentur kolom telah mampu menahan bekerja baik gaya aksial ultimit maupun momen ultimit pada struktur gedung.

Untuk menganalisa persyaratan *Strong column weak beam* digunakan penjumlahan momen – momen nominal dari balok – balok ( $\sum M_g$ ) dan momen – momen nominal dari kolom – kolom ( $\sum M_e$ ) yang saling bertemu. Momen nominal balok diambil dari Tabel 5.10 dan momen nominal kolom diambil dari momen nominal maksimal kolom. Konsep *Strong column weak beam* harus memenuhi  $\sum M_e \geq \frac{6}{5} \sum M_g$  berdasarkan perhitungan pada Lampiran hasil analisa persyaratan *Strong column weak beam* dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini. Dari hasil analisa tersebut dapat dilihat bahwa semua tipe balok dan kolom yang saling bertemu telah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.

**Tabel 5. 11** Analisa Persyaratan Strong Column Weak Beam.

No	Tipe Kolom	$\phi M_e$ (kN)	$\phi \sum M_e$ (kN)	$\sum M_e$ (kN)	Tipe Balok	$\phi M_g$ (kN)	$\frac{6}{5} \sum M_g$ (kN)	$\frac{\sum M_e}{\sum M_g} \geq \frac{6}{5}$
<b>Portal AS - 2 (A,B,C,D)</b>								
1	50 x 50 cm (L=3,6 M)	304,93	609,86	938,26	30x 50	281,89	422,84	Ok
		304,93						
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>								
1	50 x 50 cm (L=3,6 M)	304,93	609,86	938,26	30x 50	281,89	422,84	Ok
		304,93						

Untuk analisa kemampuan tulangan transversal struktur kolom dilakukan dengan memeriksa kebutuhan luas tulangan minimum, spasi antar tulangan minimum, dan kemampuan kolom menerima gaya geser ultimit yang bekerja.

Berdasarkan perhitungan pada Lampiran A.4.2 hasil analisa kemampuan tulangan transversal struktur kolom dapat dilihat pada Tabel 5.16. seluruh tipe struktur kolom di masing – masing portal yang ditinjau telah memenuhi persyaratan tulangan transversal seperti yang ditetapkan dalam SNI 03-2847-2002, dimana luas

tulangan transversal rencana  $\geq$  luas tulangan transversal minimum, dan nilai gaya geser rencana  $\geq$  gaya geser ultimit juga telah memenuhi syarat kemampuan tulangan transversal kolom.

**Tabel 5. 12** Analisa Tulangan Transversal Kolom

No	Tipe Kolom	$b_w$ mm	$h$ mm	$V_{sway}/\phi$ (kN)	$V_c + 1/3 b_w d_{s1}$ (kN)	$V_u$ (kN)	$\phi V_n$ (kN)	$\phi V_n \geq V_u$
<b>Portal AS - 2 (A,B,C,D)</b>								
1	50 x 50 cm (L=3,6 M)	500	500	65,903	184,153	41,31	212,97	OK
<b>Portal AS -B (1,2,3,4)</b>								
1	50 x 50 cm (L=3,6 M)	500	500	65,903	184,153	41,31	212,97	OK

BAB V.....	76
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	76
5.1    Analisa Beban Pada Struktur.....	76
5.2    Berat Total Bangunan .....	76
5.3    Analisa Gaya Gempa Lateral Berdasarkan SNI 1726 : 2012 .....	77
5.4    Kombinasi Pembebanan Metode Ultimit .....	77
5.5    Analisa <i>Detailing</i> Komponen Struktur Balok.....	78
5.6    Analisa <i>Detailing</i> Komponen Struktur Kolom .....	82
Tabel 5. 1 Berat Total Bangunan .....	76
Tabel 5. 2 Gaya Gempa Lateral Arah X.....	77
Tabel 5. 3 Gaya Gempa Lateral Arah Y.....	77
Tabel 5. 4 Kombinasi Pembebanan.....	78
Tabel 5. 5 Analisa Persyaratan Geometri Balok.....	79
Tabel 5. 6 Analisa Tulangan Lentur Balok .....	79
Tabel 5. 7 Analisa Tulangan Geser Balok.....	81
Tabel 5. 8 Analisa Tulangan Torsi.....	82
Tabel 5. 9 Persyaratan Geometri Kolom .....	83
Tabel 5. 10 Gaya Aksial Dan Momen Pada Kolom.....	83
Tabel 5. 11 Analisa Persyaratan Strong Column Weak Beam. ....	84
Tabel 5. 12 Analisa Tulangan Transversal Kolom .....	85



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisa dalam bab hasil dan pembahasan dari penelitian evaluasi desain struktur Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau didapat beberapa kesimpulan dan saran.

#### 6.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat penulis ambil dari penulisan Tugas Akhir ini antara lain:

- 1) Berdasarkan hasil analisa menggunakan SNI 1726 : 2012, didapatkan gaya geser dasar gempa ( $I$ ) yang dipikul oleh struktur Gedung Mahasiswa UIR sebesar 147,616 Kn. Untuk gaya lateral arah X didapat pada lantai dak 2 sebesar 1,370 kN, lantai dak 1 sebesar 11,314 kN, lantai 3 sebesar 24,466 kN , lantai 2 sebesar 32,610 kN, dan lantai 1 sebesar 36,904 kN. Untuk gaya gempa lateral arah Y didapat pada lantai dak 2 sebesar 1,401 kN, lantai dak 1 sebesar 11,516, lantai 3 sebesar 24,730, lantai 2 sebesar 32,777, dan lantai 1 sebesar 36,904 kN.
- 2) Berdasarkan hasil analisa menggunakan SNI 03-2847-2002, *detailing* komponen struktur balok pada setiap portal yang ditinjau yang meliputi geometri balok, tulangan lentur, tulangan geser, dan tulangan torsi telah memenuhi persyaratan. Selain itu *detailing* komponen struktur kolom, tulangan lentur dan tulangan geser juga telah memenuhi persyaratan di mana gaya – gaya yang bekerja pada struktur lebih kecil dari gaya yang direncanakan.
- 3) Berdasarkan hasil analisa menggunakan SNI 03-2847-2002, didapatkan nilai – nilai momen nominal maksimal kolom ( $M_e$ ) lebih besar dari 6/5 momen nominal balok ( $M_g$ ) pada setiap kolom dan balok yang saling bertemu disetiap portal yang ditinjau, sehingga telah memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* (SCWB)

## 6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis sampaikan antara lain:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dapat dilengkapi dengan analisa hubungan balok-kolom (HBK).
- 2) Untuk menelitian selanjutnya sebaiknya dapat dicoba melakukan analisa beban gempa dengan menggunakan metode lain seperti *Time History*.
- 3) Untuk perencanaan gedung tahan gempa agar lebih memperhatikan kapasitas penampang kolom dan untuk memenuhi persyaratan *Strong Column Weak Beam* (SCWB)



<b>BAB VI</b> .....	87
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	87
<b>6.1 Kesimpulan</b> .....	87
<b>6.2 Saran</b> .....	88



## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*, Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta.
- Dipohusodo J, 1999, *Struktur Beton Bertulang*. PT Gramedia Pustaka Utara. Jakarta.
- Anugrah P, 1999, *Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*. CV Putra Media Nusantara. Surabaya.
- Rambe ,2009, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*, Bandung.
- Imran, I & Hendrik, 2010 *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI :1726* , Surabaya.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2012. *Standar Nasional Indonesia SNI 1726:2012*, Jakarta.
- Wibowo ,2012, *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM)*, Studi Kasus : Rusunawa 2 Twin Balok Pringwulung Sleman Yogyakarta. Tugas Akhir, Jurusan Teknik sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Syahnandito, 2014, *Evaluasi Desain Struktur Gedung Fakultas Ilmu Komunikasi Universitas Islam Riau*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Septiantoni, 2014, *Analisa Beban Gempa Dasar (Base Shear) Dengan Menggunakan SNI 03-1726-2012 Pada Struktur Gedung Rumah Sakit Awal Bros Pekanbaru*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Putra, 2017, *Tinjauan Ulang Terhadap Pondasi Tiang BOR (Bored File) Pada Pembangunan Gedung Mahasiswa Universitas Islam Riau Dengan Metode Elemen 2D Aksisimetri*.