



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PERBANDINGAN GAYA GEMPA PADA BANGUNAN
TINGKAT RENDAH DI JAKARTA BERDASARKAN
SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, DAN SNI 03-1726-2011**

SKRIPSI

**GERALDIE LUKMAN WIJAYA
0706266286**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI PERBANDINGAN GAYA GEMPA PADA BANGUNAN
TINGKAT RENDAH DI JAKARTA BERDASARKAN
SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, DAN SNI 03-1726-2011**

SKRIPSI

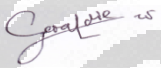
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**GERALDIE LUKMAN WIJAYA
0706266286**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

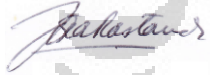
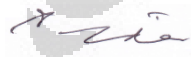

Nama : Geraldie Lukman Wijaya
NPM : 0706266286
Tanda Tangan: 
Tanggal : 28 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Geraldie Lukman Wijaya
NPM : 0706266286
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : “Studi Perbandingan Gaya Gempa pada Bangunan
Tingkat Rendah di Jakarta Berdasarkan SNI 03-
1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-
2011”

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.-Ing.Ir. Josia I. R. , ST ,MT ()
Penguji : Ir. Sjahril A. Rahim, M.Eng ()
Penguji : Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 Juni 2011

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan, karena atas berkat dan perlindungan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr.-Ing.Ir. Josia I Rastandi, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Orang tua, kakak dan adik saya yang telah memberikan bantuan dukungan moral dan material;
- (3) Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia atas pengajaran dan segala bantuannya selama saya kuliah;
- (4) Seluruh sahabat khususnya Teknik Sipil 2007 yang telah memberikan bantuan selama perkuliahan;
- (5) Keluarga besar POFT UI;
- (6) Erica Sanjaya dan keluarga untuk dukungannya selama pengerjaan skripsi ini;
- (7) Teman-teman di KAPA FT UI untuk pengalaman yang telah diberikan
- (8) Teman-teman satu sepenenderitaan skripsi, Radea Ariyadira dan Mustofa Rifki.
- (9) Mba Dian sebagai staff administrasi Departemen Teknik Sipil FT UI

Akhir kata, saya berharap Tuhan berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 28 Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Geraldie Lukman Wijaya
NPM : 0706266286
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

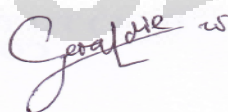
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Studi Perbandingan Gaya Gempa pada Bangunan Tingkat Rendah di
Jakarta Berdasarkan SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-
2011**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 28 Juni 2011
Yang menyatakan



(Geraldie Lukman Wijaya)

ABSTRAK

Nama :Geraldie Lukman Wijaya
Program Studi :Teknik Sipil
Title :Studi Perbandingan Gaya Gempa pada Bangunan Tingkat Rendah di Jakarta Berdasarkan SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-2011

Indonesia termasuk daerah dengan tingkat risiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada di antara empat lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasifik. Pada tahun 2011 pemerintah menyusun peraturan perencanaan bangunan tahan gempa yang baru, yaitu SNI 03-1726-2011, untuk menggantikan peraturan sebelumnya SNI 03-1726-2002. Objek pada penelitian ini adalah bangunan tingkat rendah di Jakarta. Struktur dimodelkan secara tiga dimensi dengan menggunakan program ETABS ver. 9.5, dan dengan beban gempa yang diperoleh dari peraturan perencanaan bangunan tahan gempa maka akan diperoleh gaya geser dasar gempa dan simpangan antar lantai bangunan.

Hasil yang diperoleh adalah nilai normalisasi gaya geser SNI 03-1726-2011 lebih besar 31,65% dibandingkan nilai normalisasi gaya geser SNI 03-1726-1989, dan nilai normalisasi gaya geser SNI 03-1726-2011 lebih kecil 21,18% dibandingkan nilai normalisasi gaya geser SNI 03-1726-2002. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini hanya berlaku untuk bangunan tingkat rendah dengan struktur beton bertulang yang berada di Jakarta dengan kondisi tanah lunak.

Kata Kunci : SNI perencanaan bangunan tahan gempa, gaya geser dasar, simpangan antar lantai, nilai normalisasi

ABSTRACT

Name :Geraldie Lukman Wijaya
Study Program:Civil Engineering
Title :”Comparison Study of Earthquake Force of Low-Level Building Structure in Jakarta Based on SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, and SNI 03-1726-2011”

Indonesia is one of the areas with high level of seismic risk. The reason is because Indonesia is located between four active tectonic plates, namely Eurasian plate, Indo-Australian plate, Philippine plate, and the Pacific plate. In 2011, the government of Indonesia formulated SNI 03-1726-2011, the new regulation of earthquake-resistant buildings planning to replace the previous regulation, SNI 03-1726-2002. The object of this research is low-level buildings in Jakarta. The structure is modeled in 3 dimension by using ETABS ver. 9.5. The model is loaded by earthquake load which is obtained from the regulation of earthquake-resistant buildings. The seismic base shear and the story drift is then obtained by the analysis of ETABS.

The results obtained are the average normalized shear force value of SNI 03-1726-2011 has the greater value of 31.65% compared to the average value of SNI 03-1726-1989 normalized shear force, and the average normalized shear force of SNI 03-1726-2011 is smaller by the value of 21.18% compared to the value of the normalized shear force of SNI 03-1726-2002. The results obtained in this study are only applicable to low-level buildings with reinforced concrete structure located in Jakarta with soft soil conditions.

Keywords: earthquake-resistant buildings SNI planning, base shear force, the deviation between the floors, the value normalization

DAFTAR ISI

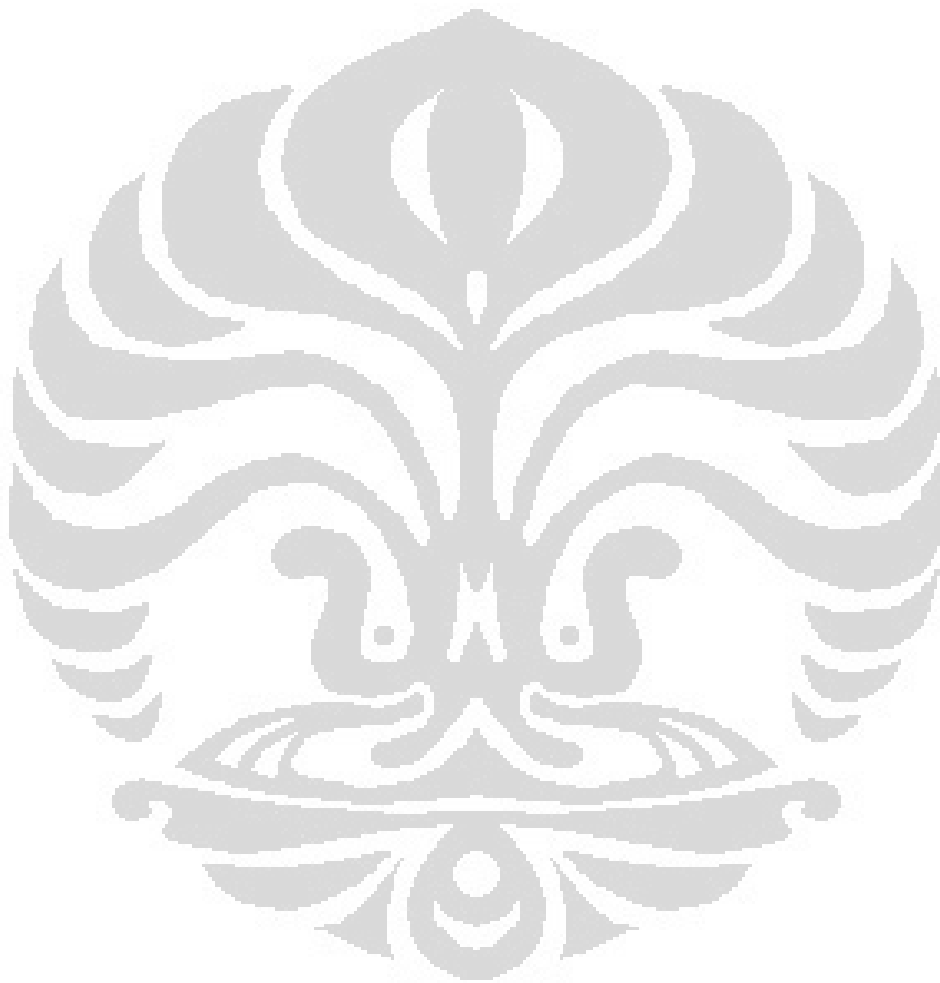
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	II
HALAMAN PENGESAHAN.....	III
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	IV
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	V
ABSTRAK	VI
DAFTAR ISI.....	VIII
DAFTAR GAMBAR.....	VIII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	1
1.3 MAKSUD DAN TUJUAN	2
1.4 PEMBatasan MASALAH.....	2
1.5 HIPOTESA AWAL.....	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 LITERATUR REVIEW	5
2.2 PERKEMBANGAN PERATURAN PEMBEBANAN DAN PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA DI INDONESIA.....	5
2.2.1 <i>Peraturan Muatan Indonesia 1970</i>	6
2.2.2 <i>Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung, 1981</i>	6
2.2.3 <i>Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, SNI 03- 1726-2002</i>	8
2.2.4 <i>Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, RSNI 03- 1726-2011</i>	11
2.3 PEMBEBANAN	14
2.3.1 <i>Macam-Macam Pembebanan</i>	14
2.3.2 <i>Kombinasi Pembebanan</i>	15
2.4 TEORI GEMPA BUMI.....	16
2.4.1 <i>Pengertian</i>	16
2.4.2 <i>Jenis-jenis Gempa Bumi</i>	17
2.5 METODE ANALISIS BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	18
2.5.1 <i>Analisis Dinamik</i>	20
2.5.2 <i>Analisis Statik Ekuivalen</i>	23
2.6 PERATURAN PEMBEBANAN GEMPA INDONESIA	23
2.6.1 <i>Pembebanan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002</i>	23
2.6.2 <i>Pembebanan Gempa Berdasarkan RSNI 03-1726-2011</i>	29
2.6.3 <i>Waktu Getar Alami Fundamental</i>	37

BAB 3 PRELIMINARY DISAIN	39
3.1 PENENTUAN MODEL UMUM.....	39
3.2 METODOLOGI PENELITIAN	43
3.3 DATA PERENCANAAN	44
3.3.1 <i>Parameter Disain Struktur</i>	44
3.4 BEBAN GEMPA	47
3.4.1 <i>Beban Gempa SNI 03-1726-2002</i>	47
3.4.2 <i>Beban Gempa SNI 03-1726-2011</i>	48
BAB 4 ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN UMUM.....	54
4.1 ANALISIS UMUM GEMPA DENGAN SNI 03-1726-2002	55
4.2 ANALISIS UMUM GEMPA DENGAN SNI 03-1726-2011	65
4.3 RANGKUMAN ANALISIS GEMPA UMUM	73
4.3.1 <i>Rangkuman Gaya Gempa Struktur</i>	74
4.3.2 <i>Pemeriksaan Struktur</i>	76
4.4 ANALISIS HASIL.....	97
BAB 5 KESIMPULAN	110
5.1 KESIMPULAN.....	110
5.2 SARAN.....	111
DAFTAR REFERENSI	112
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 2. 1 PETA GEMPA MENURUT PMI 1970	6
GAMBAR 2. 2 PETA GEMPA MENURUT PPTGIUG	7
GAMBAR 2. 3 PETA GEMPA INDONESIA SNI 03-1726-2002	9
GAMBAR 2. 4 RESPONS SPEKTRUM GEMPA RENCANA SNI 03-1726-2002	10
GAMBAR 2. 5 PETA SPEKTRA 0,2 DETIK UNTUK PERIODE ULANG GEMPA 2500 TAHUN.....	11
GAMBAR 2. 6 PETA SPEKTRA 1 DETIK 2500 TAHUN	12
GAMBAR 3. 1 GAMBAR VARIASI DENAH.....	41
GAMBAR 3. 2 SKETSA VARIASI TAMPAK SAMPING	42
GAMBAR 3. 3 SKETSA VARIASI TAMPAK DEPAN.....	42
GAMBAR 3. 4 DIAGRAM ALIR METODOLOGI PENELITIAN	43
GAMBAR 3. 5 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 3 TINGKAT	51
GAMBAR 3. 6 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 4 TINGKAT	51
GAMBAR 3. 7 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 5 TINGKAT	52
GAMBAR 3. 8 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 6 TINGKAT	52
GAMBAR 3. 9 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 7 TINGKAT	53
GAMBAR 3. 10 RESPONS SPEKTRUM STRUKTUR 8 TINGKAT	53
GAMBAR 4. 1 MODEL STRUKTUR.....	54
GAMBAR 4. 2 GAYA GESER LANTAI ARAH-X.....	61
GAMBAR 4. 3 GAYA GESER LANTAI ARAH-Y.....	61
GAMBAR 4. 4 GAYA GESER LANTAI ARAH-X.....	71
GAMBAR 4. 5 GAYA GESER LANTAI ARAH-Y	72
GAMBAR 4. 6 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-X BENTANG 4,8 M	82
GAMBAR 4. 7 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-Y BENTANG 4,8 M	82
GAMBAR 4. 8 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-X BENTANG 6 M	83
GAMBAR 4. 9 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-Y BENTANG 6 M	83
GAMBAR 4. 10 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-X BENTANG 8 M	84
GAMBAR 4. 11 GAYA GESER DASAR MAKSIMUM ARAH-Y BENTANG 8 M	84
GAMBAR 4. 12 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 4,8 M ARAH-X.....	87
GAMBAR 4. 13 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 4,8 M ARAH-Y	87
GAMBAR 4. 14 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 6 M ARAH-X	88
GAMBAR 4. 15 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 6 M ARAH-Y	88
GAMBAR 4. 16 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 8 M ARAH-X	89
GAMBAR 4. 17 NILAI NORMALISASI STRUKTUR BENTANG 8 M ARAH-Y	89
GAMBAR 4. 18 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 4,8 M ARAH-X.....	94
GAMBAR 4. 19 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 4,8 M ARAH Y	94
GAMBAR 4. 20 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 6 M ARAH-X.....	95
GAMBAR 4. 21 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 6 M ARAH-Y.....	95
GAMBAR 4. 22 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 8 M ARAH-X.....	96
GAMBAR 4. 23 SIMPANGAN ANTAR LANTAI STRUKTUR BENTANG 8 M ARAH-Y.....	96
GAMBAR 4. 24 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'02	98
GAMBAR 4. 25 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 3 TINGKAT	99
GAMBAR 4. 26 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 4 TINGKAT	99
GAMBAR 4. 27 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 5 TINGKAT.....	100
GAMBAR 4. 28 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 6 TINGKAT.....	100

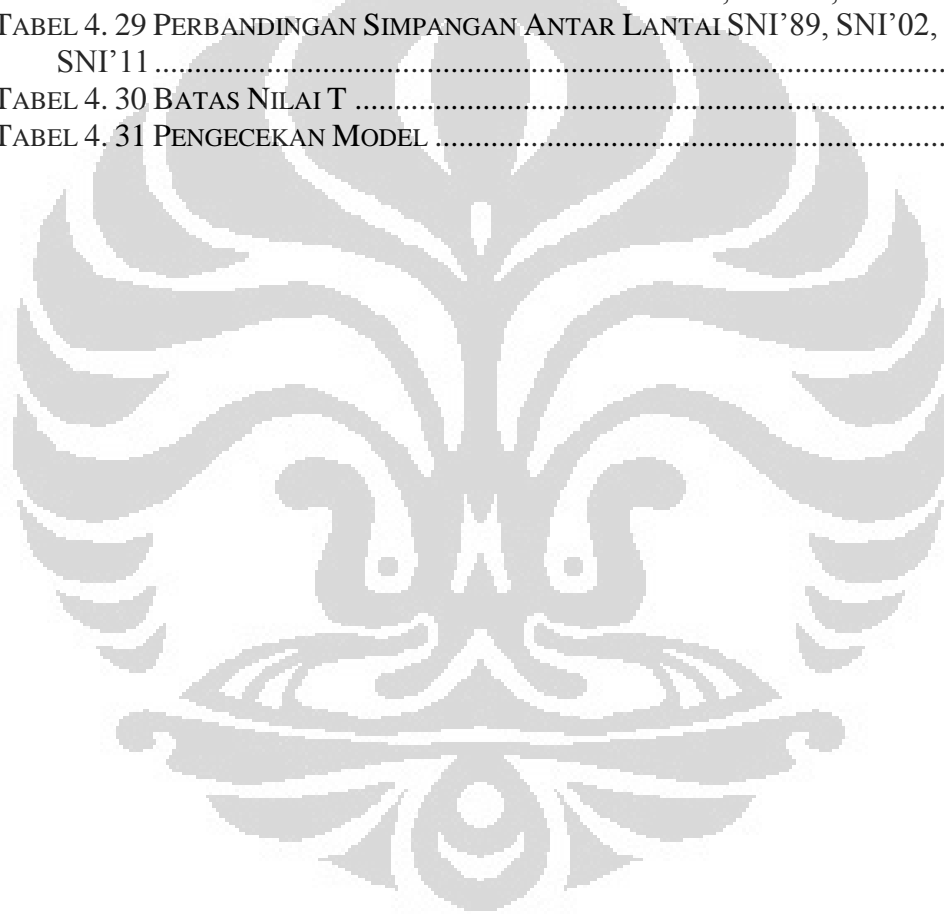
GAMBAR 4. 29 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 7 TINGKAT.....	101
GAMBAR 4. 30 RESPONS SPEKTRUM GEMPA SNI'11 STRUKTUR 8 TINGKAT	101
GAMBAR 4. 31 PERBANDINGAN NILAI $\Phi_{CXI/R}$ SNI'02 DAN SNI'11	107



DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 KOMBINASI BEBAN	15
TABEL 2. 2 FAKTOR REDUKSI KEKUATAN	16
TABEL 2. 3 PERCEPATAN PUNCAK BATUAN DASAR DAN PERCEPATAN PUNCAK MUKA TANAH SNI 03-1726-2002	24
TABEL 2. 4 JENIS-JENIS TANAH.....	25
TABEL 2. 5 FAKTOR KEUTAMAAN (I) UNTUK BERBAGAI KATEGORI GEDUNG DAN BANGUNAN	25
TABEL 2. 6 KOEFISIEN Z YANG MEMBATASI WAKTU GETAR ALAMI FUNDAMENTAL STRUKTUR GEDUNG.....	29
TABEL 2. 7 KOEFISIEN SITUS F_A	31
TABEL 2. 8 KOEFISIEN SITUS F_V	31
TABEL 2. 9 KLASIFIKASI SITUS	33
TABEL 2. 10 KATEGORI RISIKO BANGUNAN GEDUNG DAN STRUKTUR LAINNYA UNTUK BEBAN GEMPA	33
TABEL 2. 11 FAKTOR KEUTAMAAN GEMPA	33
TABEL 2. 12 KATEGORI DISAIN SEISMIK BERDASARKAN PARAMETER RESPONS PERCEPATAN PADA PERIODA PENDEK	34
TABEL 2. 13 KATEGORI DISAIN SEISMIK BERDASARKAN PARAMETER RESPONS PERCEPATAN PADA PERIODA 1 DETIK	34
TABEL 2. 14 NILAI PARAMETER PERIODA PENDEKATAN C_T DAN X	38
TABEL 2. 15 KOEFISIEN UNTUK BATAS ATAS PADA PERIODA YANG DIHITUNG.....	38
TABEL 3. 1 PENDIMENSIONAN MODELISASI BENTANG 4.8 METER	39
TABEL 3. 2 PENDIMENSIONAN MODELISASI BENTANG 6 METER	40
TABEL 3. 3 PENDIMENSIONAN MODELISASI BENTANG 8 METER	40
TABEL 3. 4 PENDIMENSIONAN MODELISASI.....	45
TABEL 3. 5 NILAI $C_u T_a$ UNTUK SETIAP TINGKAT	50
TABEL 4. 1 BESAR MASSA, PUSAT MASSA DAN PUSAT KEKAKUAN LANTAI (KGF-M).....	55
TABEL 4. 2 PARTISIPASI MASSA (KGF-M)	56
TABEL 4. 3 GAYA DINAMIK PADA TIAP LANTAI AKIBAT GEMPA ARAH-X (KGF-M).....	57
TABEL 4. 4 GAYA DINAMIK PADA TIAP LANTAI AKIBAT GEMPA ARAH-Y (KGF-M).....	57
TABEL 4. 5 GAYA LATERAL TIAP LANTAI (KGF-M)	59
TABEL 4. 6 PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR STATIK DAN DINAMIK.....	59
TABEL 4. 7 PERBANDINGAN GAYA GESER PERHITUNGAN DINAMIK SEBELUM DAN SESUDAH KOREKSI TIAP LANTAI ARAH-X (KGF-M).....	60
TABEL 4. 8 PERBANDINGAN GAYA GESER PERHITUNGAN DINAMIK SEBELUM DAN SESUDAH KOREKSI TIAP LANTAI ARAH-X (KGF-M).....	60
TABEL 4. 9 DISPLACEMENT PUSAT MASSA AKIBAT GEMPA ARAH-X (KGF-M).....	62
TABEL 4. 10 DISPLACEMENT PUSAT MASSA AKIBAT GEMPA ARAH-Y (KGF-M).....	62
TABEL 4. 11 INTER STORY DRIFT ARAH-X (KGF-M)	63
TABEL 4. 12 INTER STORY DRIFT ARAH-Y (KGF-M)	63
TABEL 4. 13 PERHITUNGAN WAKTU GETAR RAYLEIGH (KGF-M).....	64
TABEL 4. 14 BESAR MASSA, PUSAT MASSA DAN PUSAT KEKAKUAN LANTAI (KGF- M).....	65
TABEL 4. 15 PARTISIPASI MASSA (KGF-M)	66

TABEL 4. 16 GAYA DINAMIK PADA TIAP LANTAI AKIBAT GEMPA ARAH-X (KGF-M).....	67
TABEL 4. 17 GAYA DINAMIK PADA TIAP LANTAI AKIBAT GEMPA ARAH-Y (KGF-M)	67
TABEL 4. 18 GAYA LATERAL TIAP LANTAI (KGF-M) ARAH X DAN Y	69
TABEL 4. 19 PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR STATIK DAN DINAMIK.....	70
TABEL 4. 20 RASIO SKALA GAYA GESER TIAP LANTAI ARAH-X (KGF-M).....	70
TABEL 4. 21 RASIO SKALA GAYA GESER TIAP LANTAI ARAH-Y (KGF-M).....	70
TABEL 4. 22 INTER STORY DRIFT ARAH-X (KGF-M)	72
TABEL 4. 23 INTER STORY DRIFT ARAH-Y (KGF-M)	73
TABEL 4. 24 PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR SNI'89, SNI'02 & SNI'11	74
TABEL 4. 25 PERBANDINGAN GAYA GESER DASAR DINAMIK DAN GAYA GESER DASAR STATIK.....	77
TABEL 4. 26 GAYA GESER DASAR DINAMIK MAKSIMUM	80
TABEL 4. 27 PERBANDINGAN NILAI NORMALISASI SNI'89, SNI'02, DAN SNI'11	85
TABEL 4. 29 PERBANDINGAN SIMPANGAN ANTAR LANTAI SNI'89, SNI'02, DAN SNI'11	91
TABEL 4. 30 BATAS NILAI T	108
TABEL 4. 31 PENGECEKAN MODEL	108



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk daerah dengan tingkat risiko gempa yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena wilayah Indonesia berada di antara empat lempeng tektonik yang aktif yaitu tapal batas lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasifik. Berdasarkan peraturan gempa Indonesia yang diterbitkan pada tahun 2002, Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah gempa. Pembagian ini didasarkan atas kondisi seismotektonik, geografis, dan geologis setempat. Sehingga besarnya taraf pembebanan gempa tidak berlaku universal, melainkan sangat bervariasi dari satu wilayah ke wilayah yang lain.

Dalam 9 tahun terakhir ini, beberapa wilayah di Indonesia mengalami beberapa gempa bumi yang cukup besar, beberapa di antaranya adalah gempa di Nangroe Aceh Darussalam dan Sumatra Utara pada tanggal 26 Desember 2004 (9,3 SR), gempa di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Klaten pada tanggal 27 Mei 2006 (5,9 SR), gempa di Tasikmalaya dan Cianjur pada tanggal 2 September 2009 (7,3 SR), gempa di Padang pada tanggal 30 September 2009 (7,6 SR), dan gempa di Sumatra Barat pada tanggal 25 Oktober 2010 (7,7 SR). Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur dan bangunan, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi. Hal ini disebabkan karena banyak gedung yang tidak dapat mempertahankan strukturnya ketika gempa terjadi.

Menyikapi hal di atas, pemerintah pada saat ini sedang merancang peraturan gempa Indonesia yang baru dengan tujuan untuk memperbaharui peraturan gempa Indonesia terdahulu yang dianggap sudah tidak sesuai dengan keadaan sekarang, sehingga gedung yang akan dibangun nantinya dapat mempertahankan strukturnya dengan lebih baik ketika gempa terjadi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat ditarik beberapa permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, antara lain adalah:

- Perbedaan-perbedaan apa saja yang terdapat di dalam peraturan gempa SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2011?
- Bagaimana perbedaan hasil perhitungan beban gempa untuk model bangunan berdasarkan SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726 2011?

1.3 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian yang telah dilakukan oleh mahasiswa Ekstensi Teknik Sipil Universitas Indonesia, Rinaldi, pada tahun 2006 dengan judul penelitian “Evaluasi Ketahanan Gempa Bangunan Eksisting Tingkat Rendah (SNI 03-1726-1989 Dengan SNI 03-1726-2002)”.

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk membandingkan gaya gempa yang dialami oleh model bangunan sesuai dengan perkembangan peraturan perencanaan bangunan tahan gempa. Beban gempa dihitung dengan menggunakan peraturan SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2011. Sedangkan kondisi model yang dibandingkan adalah model yang dirancang dengan menggunakan peraturan gempa SNI 03-1726-1989 yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengetahui perbedaan umum dari peraturan SNI 03-1726-2002 dengan SNI 03-1726-2011 terhadap model bangunan yang sama dan juga untuk mengetahui pengaruh dari perubahan peraturan terhadap gaya geser yang diterima oleh gedung. Topik dari penulisan skripsi ini adalah *Studi Perbandingan Gaya Gempa Pada Bangunan Tingkat Rendah Berdasarkan SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-2011.*

1.4 Pembatasan Masalah

Batasan permasalahan yang ada dalam penelitian ini meliputi:

- Model bangunan yang digunakan pada penelitian ini adalah bangunan tingkat rendah (3 sampai 8 lantai) dengan rasio antara panjang berbanding lebar gedung adalah 1 sampai 3
- Bangunan yang dirancang diasumsikan tidak menggunakan dinding geser (shear wall)

- Modelisasi struktur adalah 3 dimensi dengan menggunakan bantuan software ETABS ver. 9.5.0.
- Daerah yang ditinjau adalah khusus untuk daerah yang berada di DKI Jakarta dan dengan kriteria tanah lunak

1.5 Hipotesa Awal

Gempa Rencana pada peraturan SNI 03-1726-2002 mempunyai perioda ulang 500 tahun, sedangkan Gempa Rencana pada peraturan SNI 03-1726-2011 mempunyai perioda ulang gempa 2500 tahun, maka gaya geser dasar dan simpangan antar lantai yang dialami struktur akan mengalami peningkatan sesuai dengan meningkatnya beban gempa yang diterima

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab, antara lain:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, hipotesa awal, dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai literatur review, dan teori teori dinamik secara umum yang mengacu terhadap pembahasan peraturan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2011.

BAB III : PRELIMINARY DESAIN

Bab ini berisi mengenai data-data perencanaan struktur bangunan dan perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan.

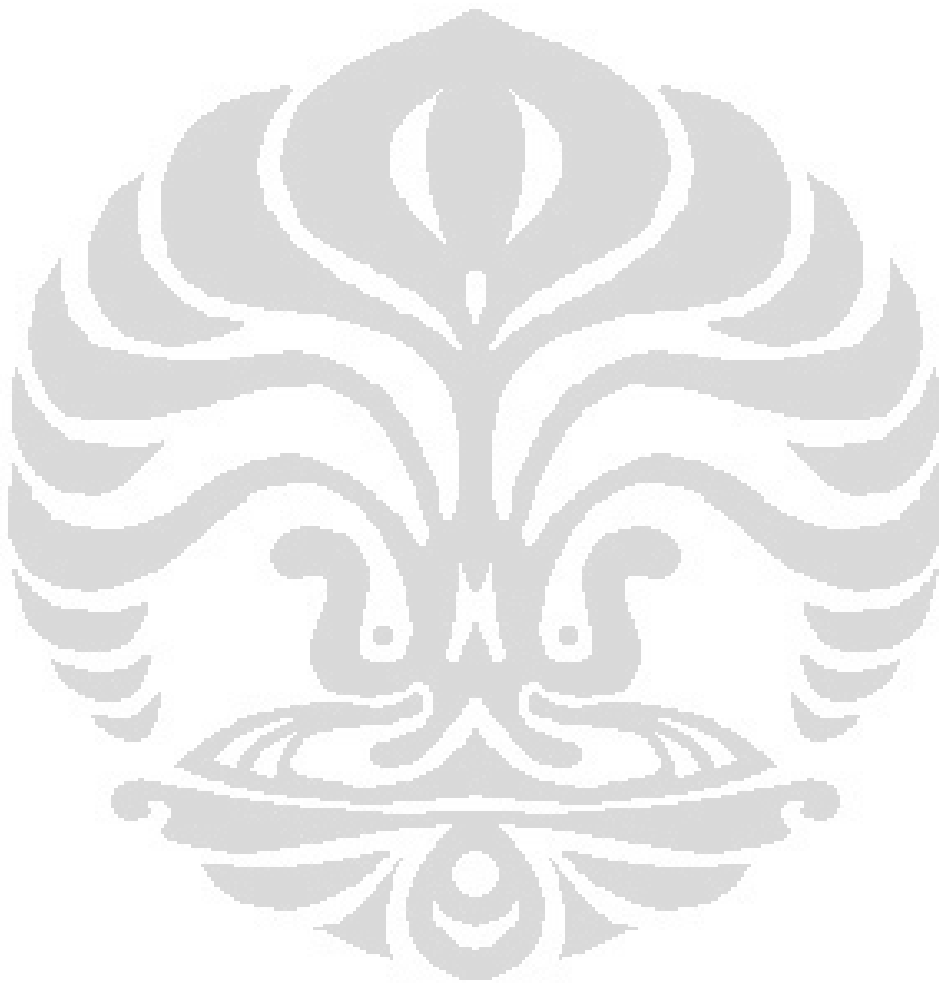
BAB IV : ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN

Bab ini membahas mengenai analisis struktur bangunan terhadap beban gempa sesuai menggunakan peraturan SNI 03-1726-2002 dan

SNI 03-1726-2011 dengan menggunakan bantuan software ETABS ver. 9.5.0.

BAB VI : PENUTUP

Bab ini berupa kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.



BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Literatur Review

Awal perkembangan perencanaan bangunan tahan gempa dimulai pada tahun 1970 dengan dibuatnya “Pedoman Pembebanan Indonesia” (PBI 71), yang kemudian diperbaharui lagi pada tahun 1987 dengan dikeluarkannya “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung”. Adapun “Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung” berisi mengenai ketentuan-ketentuan pembebanan (beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban khusus, beban batas, dan beban kerja) untuk rumah dan gedung.

Perencanaan bangunan tahan gempa sendiri mulai berkembang pada tahun 1976, setelah Indonesia mengalami gempa yang cukup besar yang terjadi secara berturut-turut dengan intensitas yang tinggi pada wilayah (zoning) gempa resiko rendah, antara lain terjadinya gempa tektonik yang melanda Pulau Bali dan sekitarnya yang banyak menimbulkan korban jiwa dan harta benda. Hal ini mendorong para ahli gempa Indonesia meninjau kembali letak “zoning gempa” yang membagi beberapa wilayah gempa di Indonesia. Pada tahun 1983 akhirnya Indonesia memiliki peraturan pertama yang membahas secara khusus perencanaan bangunan tahan gempa, yaitu dengan dikeluarkannya “Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung”.

2.2 Perkembangan Peraturan Pembebanan dan Perencanaan Bangunan Tahan Gempa di Indonesia

Seiring dengan majunya teknologi dan ilmu pengetahuan, maka peraturan pembebanan dan perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia pun beberapa kali mengalami perubahan. Berikut ini adalah ulasan singkat mengenai perkembangan peraturan pembebanan dan perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku di Indonesia.

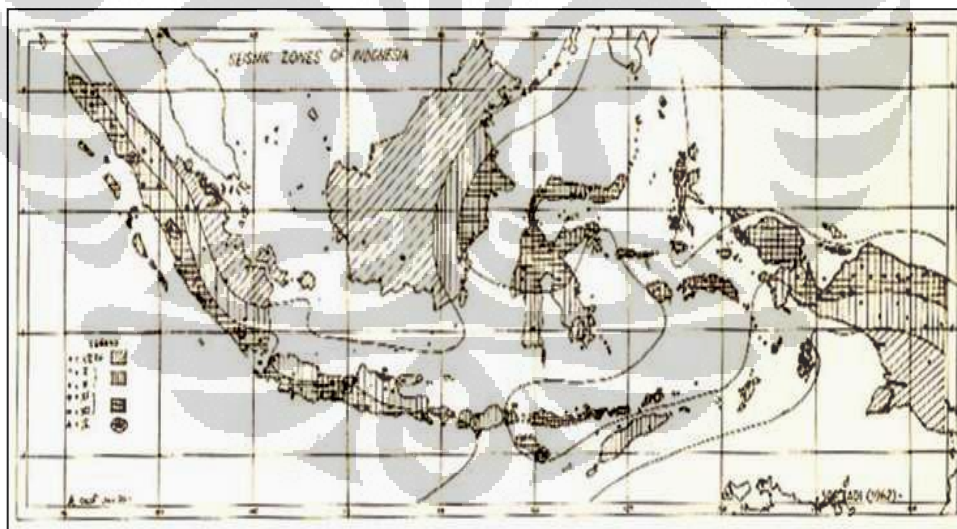
2.2.1 Peraturan Muatan Indonesia 1970

Kebutuhan pengetahuan perencanaan bangunan terhadap gempa sangat dirasakan pada waktu Indonesia akan membangun gedung tinggi pertama, yaitu Gedung Wisma Nusantara (30 lantai) di Jakarta. Sebagai hasil studi Teddy Boen dan Wiratman terbitlah Peraturan Muatan Indonesia, PMI 1970, peraturan pertama yang mengatur tentang beban yang harus diperhitungkan akibat gempa. Peta gempa yang terdapat dalam PMI 1970 hanya membagi wilayah Indonesia menjadi tiga daerah gempa.

Percepatan gempa pada lantai gedung, a_i , dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$a_i = k_{ih} k_d k_t$$

dimana, k_{ih} adalah koefisien gempa pada ketinggian i , k_d adalah koefisien daerah yang tergantung di daerah mana struktur dibangun, dan k_t adalah koefisien tanah yang tergantung kepada jenis tanah (keras, sedang, lunak, amat lunak) dan jenis konstruksi (baja, beton bertulang, kayu, pasangan).



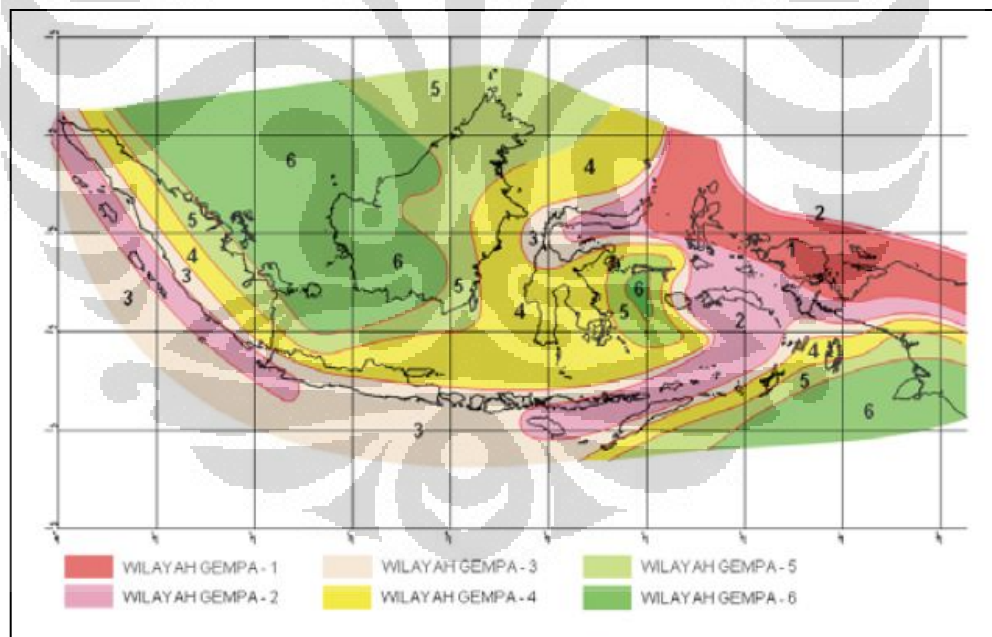
Gambar 2. 1 Peta Gempa Menurut PMI 1970

Perencanaan dilakukan dengan cara elastik. Karena kombinasi beban gempa dengan beban mati dan beban hidup yang direduksi dianggap sebagai beban sementara, maka tegangan yang diijinkan dapat dinaikkan.

2.2.2 Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung, 1981

Universitas Indonesia

Peraturan ini merupakan hasil kerja sama antara Pemerintah Indonesia dan Pemerintah Selandia Baru dan dengan sendirinya berkiblat kepada peraturan Selandia Baru. Peraturan ini sudah mengikuti pola peraturan gempa moderen yang menggunakan respons spektra percepatan untuk menentukan percepatan gempa yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Dalam peraturan ini untuk pertama kali dikenalkan konsep perencanaan yang mengandalkan pemencaran energi melalui terjadinya sendi plastis. Banyak hal baru yang diperkenalkan dalam peraturan ini, seperti: (1) konsep daktilitas struktur; (2) konsep keruntuhan yang aman, yaitu mekanisme goyang dengan pembentukan sendi plastis dalam balok (*beam side sway mechanism*), yang mensyaratkan kolom yang lebih kuat dari balok (*strong column weak beam*); dan (3) konsep perencanaan kapasitas (*Capacity design*). Diperkenalkan pula tiga cara analisis yaitu; (1) Analisis beban statik ekuivalen; (2) Analisis ragam spektrum respons; dan (3) Analisis respons riwayat waktu.



Gambar 2. 2 Peta Gempa Menurut PPTGIUG

Gaya geser dasar horizontal total, V , yang harus digunakan dalam perencanaan terhadap gempa, ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

Universitas Indonesia

$$V = C I K W_t$$

dimana C adalah koefisien gempa dasar yang didapat dari respons spektra untuk waktu getar alami fundamental T, sesuai dengan daerah gempa tempat bangunan itu didirikan. I adalah faktor keutamaan (*Importance faktor*, $I=1-2$), tergantung dari penggunaan gedung, gedung yang merupakan fasilitas penting dan diharapkan untuk tetap berfungsi setelah terjadinya gempa diberikan faktor keutamaan yang lebih besar. K adalah faktor jenis struktur yang tergantung dari daktilitas jenis struktur yang digunakan ($K=1-4$), untuk struktur yang kurang daktil diberikan faktor jenis struktur yang lebih besar, sedangkan W_t adalah berat total bangunan.

Peraturan ini mendasarkan respons spektra yang digunakan kepada gempa dengan periode ulang 200 tahun (kemungkinan terjadi 10 % dalam jangka waktu kira-kira 20 tahun), setelah dibagi dengan daktilitas struktur sebesar 4. Penjelasan ini hanya dapat dibaca dalam seri laporan yang disampaikan oleh Beca Carter Hollings and Farner yang tidak tersedia untuk umum.

Peraturan ini kemudian berubah nama menjadi Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung, SKBI-1.3.53.1987, UDC: 699.841, lalu menjadi Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, SNI 03-1726-1989 tanpa ada perubahan isi.

2.2.3 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, SNI 03-1726-2002

Peraturan ini memperbarui peta gempa menjadi seperti terlihat di Gambar 2.3, tetapi tetap menggunakan enam daerah gempa. Respons spektra yang digunakan (Gambar 2.4) adalah respons spektra gempa yang kemungkinan terjadinya 10 % dalam kurun waktu 50 tahun, yaitu gempa dengan periode ulang 500 tahun, bukan respons spektra yang telah direduksi seperti digunakan dalam PPTGIUG dan peraturan sebelumnya. Sebagai konsekuensi Rumus gaya geser dasar (nominal) juga berubah menjadi

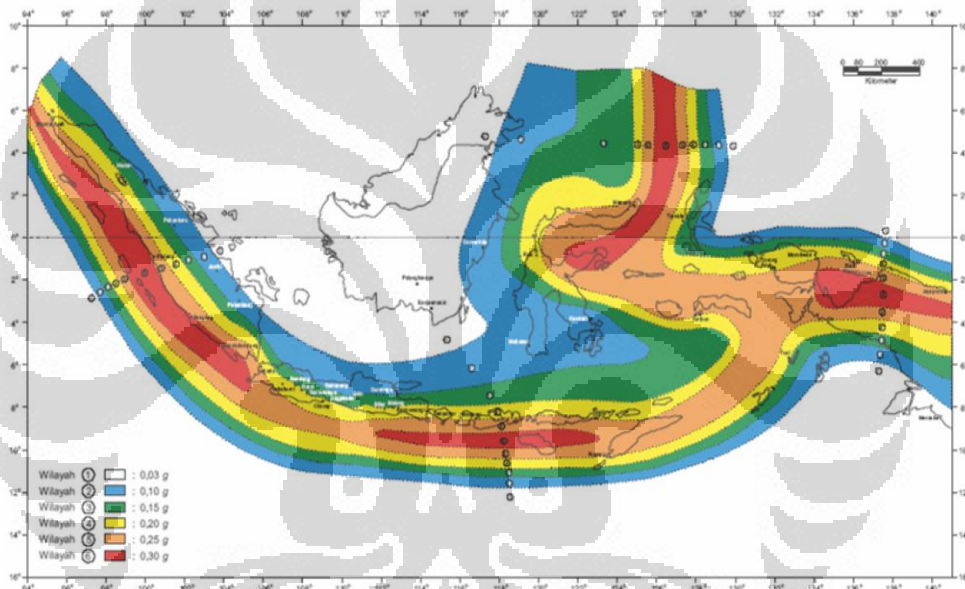
$$V = (C_1 I / R) W_t$$

dimana C_1 adalah koefisien respons percepatan pada waktu getar alami fundamental T_1 yang didapatkan dari respons spektra gempa rencana (Gambar

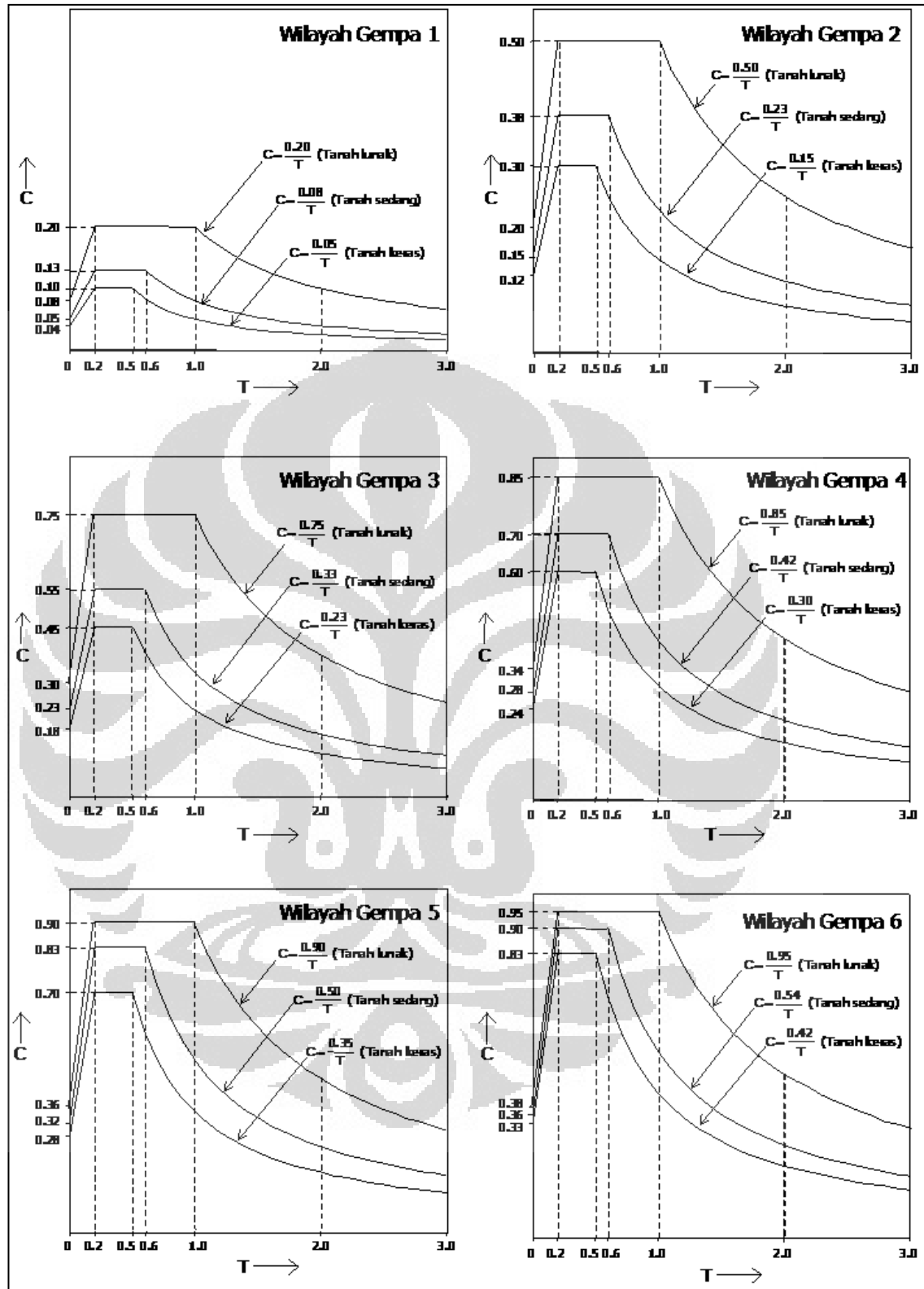
2.4) sesuai dengan daerah gempa tempat bangunan didirikan. I adalah faktor keutamaan yang besarnya antara 1 dan 1.6, sedangkan W_t adalah berat total bangunan. R adalah koefisien reduksi yang merupakan perkalian antara faktor kuat lebih beban f_1 dengan daktilitas struktur μ seperti ditunjukkan dalam persamaan berikut:

$$R = f_1 \mu$$

Faktor kuat lebih beban f_1 diambil sebesar 1.6, sedangkan daktilitas struktur μ bervariasi dari 1 untuk struktur yang elastik penuh sampai 5.3 untuk struktur yang daktil penuh.



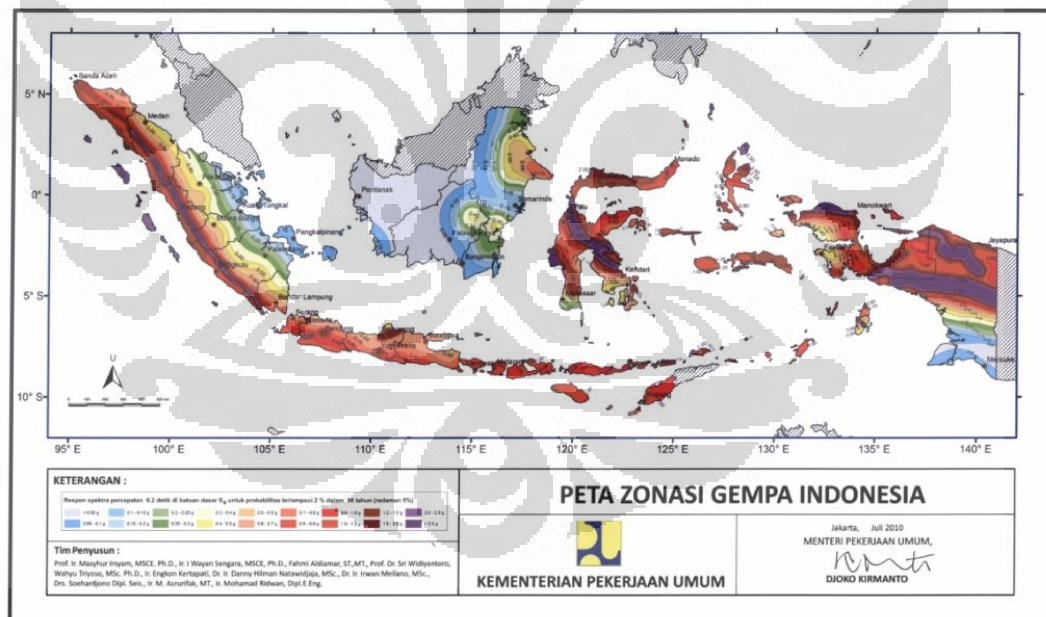
Gambar 2. 3 Peta Gempa Indonesia SNI 03-1726-2002



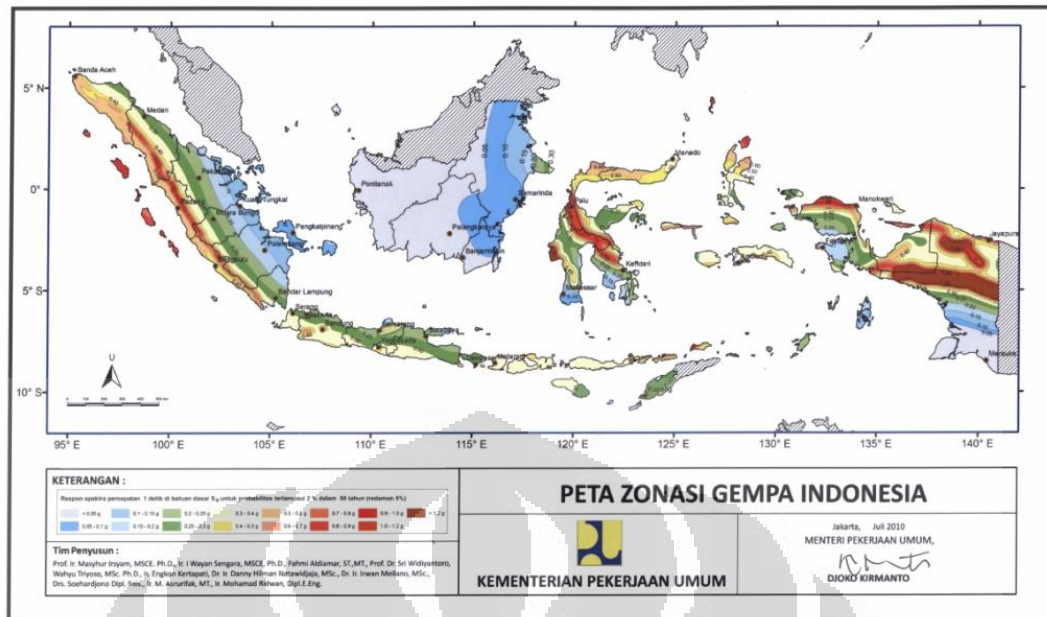
Gambar 2. 4 Respons Spektrum Gempa Rencana SNI 03-1726-2002

2.2.4 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung, RSNI 03- 1726-2011

Sejak diterbitkannya SNI 03-1726-2002, telah terjadi beberapa kejadian gempa besar di Indonesia yang memiliki magnituda lebih besar dari magnituda maksimum perkiraan sebelumnya, seperti Gempa Aceh (2004) dan Gempa Nias (2005). Hal ini membuat peta gempa pada tahun 2002 dinilai kurang relevan lagi. Di samping itu, pada beberapa tahun terakhir telah dikembangkan metoda analisis baru yang bisa mengakomodasi model atenuasi sumber gempa tiga dimensi (3-D). Hal tersebut bisa menggambarkan atenuasi penjarangan gelombang secara lebih baik dibandingkan dengan model 2-D yang digunakan untuk penyusunan peta gempa SNI 03-1726-2002. Selanjutnya penelitian-penelitian yang intensif mengenai fungsi atenuasi terkini dan studi-studi terbaru tentang sesar aktif di Indonesia semakin menguatkan kebutuhan untuk memperbaiki peta gempa Indonesia yang berlaku saat ini.



Gambar 2. 5 Peta Spektra 0,2 detik untuk Periode Ulang Gempa 2500 tahun



Gambar 2. 6 Peta Spektra 1 detik 2500 tahun

Pada tahun 2006, telah dilakukan penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa Ekstensi Teknik Sipil Universitas Indonesia, Rinaldi, dengan judul “Evaluasi Ketahanan Gempa Bangunan Eksisting Tingkat Rendah (SNI 03-1726-1989 dengan SNI 03-1726-2002)”. Berikut ini kesimpulan dari penelitian itu:

1. Peraturan SNI 03-1726-2002 merupakan versi penyempurnaan dari SNI 03-1726-1989 yang memberikan pengaruh terhadap perencanaan yang lebih sistematis, konsisten, dan mendetail, dan juga terhadap bangunan itu sendiri memberikan keamanan yang lebih menjamin tanpa menyampingkan terhadap faktor biaya dan pelaksanaan pembangunan.
2. Periode dengan analisis struktur bangunan tingkat rendah yang tahan gempa dengan menerapkan peraturan SNI 03-1726-1989 dan dievaluasi kembali dengan SNI 03-1726-2002 mendapatkan kenaikan periode getar rata-rata sebesar 15%.
3. Dalam perhitungan nilai periode getar Rayleigh untuk modelisasi bangunan tingkat rendah dari penerapan peraturan SNI 03-1726-1989, didapatkan rata-rata 7% tidak memenuhi dan diperlukan koreksi beban gempa. Sedangkan untuk penerapan peraturan SNI 03-1726-2002,

didapatkan rata-rata 46% tidak memenuhi dan diperlukan koreksi beban gempa.

4. Dalam penentuan nilai periode getar struktur peraturan SNI 03-1726-2002 memberikan kepastian dalam memberikan nilai batasan fleksibilitas struktur yang dapat dibidang cukup kaku. Dengan modelisasi tingkat rendah yang dianalisis rata-rata 74% tidak memenuhi batasan fleksibilitas.
5. Nilai normalisasi di atas membedakan nilai dari SNI'89 dengan SNI'02 dimana nilai SNI'02 lebih besar dari SNI'89, dengan rata-rata kenaikan 43% kenaikan besaran nilai SNI'02 tersebut. Peningkatan besaran ini cukup signifikan sehingga diperlukan perhitungan terhadap struktur yang akan diperkuat untuk memenuhi persyaratan peraturan SNI 03-1726-2002.
6. Simpangan antar lantai di atas membedakan nilai dari SNI'89 dengan SNI'02, di mana nilai SNI'02 lebih besar dari SNI'89, dengan rata-rata kenaikan 57% besaran nilai SNI'02. Peningkatan besaran ini cukup signifikan sehingga diperlukan perhitungan terhadap struktur yang akan diperkuat untuk memenuhi persyaratan peraturan SNI 03-1726-2002.
7. Dalam penentuan rehabilitasi dengan menggunakan penambahan struktur elemen penahan lateral bracing, dari selisih gaya geser akibat beban gempa yang didapat untuk rehabilitasi arah-x bracing dapat mereduksi rata-rata 45% dari keseluruhan gaya geser struktur dengan penerapan SNI'02. Begitu pula untuk arah-y bracing dapat mereduksi rata-rata 45% dari keseluruhan gaya geser struktur dengan penerapan SNI'02.
8. Struktur bangunan eksisting tingkat rendah rehabilitasi mengalami lonjakan kenaikan aksial kolom pada kolom yang berhubungan langsung dengan bracing. Penyerapan beban horizontal terdistribusi tidak merata pada keseluruhan kolom, dimana dari SNI'89 eksisting dengan SNI'02 rehabilitasi dengan peningkatan aksial kolom yang berhubungan langsung dengan bracing rata-rata sebesar 89% pada arah-x dan 88% pada arah-y dari besaran aksial rehabilitasinya. Nilai tersebut sangat signifikan akibat kekakuan lateral yang dimiliki kolom yang berhubungan langsung dengan perkakuan bracing jauh lebih besar dari kolom-kolom struktur lainnya.

2.3 Pembebanan

2.3.1 Macam-Macam Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur, pada umumnya dapat digolongkan menjadi 5 (lima) macam (PPIUG, 1983), yakni :

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian- penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah sesuai beban yang terjadi akibat penghunian/penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekan jatuh (energi kinetik) butiran air. Kedalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa dan beban khusus.

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

4. Beban Gempa

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

5. Beban Khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari crane, gaya sentripetal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya.

2.3.2 Kombinasi Pembebanan

Provisi keamanan yang disyaratkan dalam SNI-1726-2002 dapat dibagi dalam dua bagian yaitu : provisi faktor beban dan provisi faktor reduksi kekuatan. Kuat perlu (U) adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi seperti yang ditetapkan dalam tata cara ini. Kombinasi yang digunakan adalah :

Tabel 2. 1 Kombinasi Beban

No.	Nama Kombinasi	Kombinasi
1	Kombinasi 1	1,4 D
2	Kombinasi 2	1,2 D + 1,6 L
3	Kombinasi 3	0,9 D + 1,0 G.S.X
4	Kombinasi 4	0,9 D - 1,0 G.S.X
5	Kombinasi 5	0,9 D + 1,0 G.S.Y
6	Kombinasi 6	0,9 D - 1,0 G.S.Y
7	Kombinasi 7	1,2 D + 1,0 L + 1,0 G.S.X
8	Kombinasi 8	1,2 D + 1,0 L - 1,0 G.S.X
9	Kombinasi 9	1,2 D + 1,0 L + 1,0 G.S.Y
10	Kombinasi 10	1,2 D + 1,0 L - 1,0 G.S.Y
11	Kombinasi 11	0,9 D + 1,0 G. _{RSP} X
12	Kombinasi 12	0,9 D - 1,0 G. _{RSP} X
13	Kombinasi 13	0,9 D + 1,0 G. _{RSP} Y
14	Kombinasi 14	0,9 D + 1,0 G. _{RSP} Y

No.	Nama Kombinasi	Kombinasi
15	Kombinasi 15	1,2 D + 1,0 L + 1,0 G _{.RSP X}
16	Kombinasi 16	1,2 D + 1,0 L - 1,0 G _{.RSP X}
17	Kombinasi 17	1,2 D + 1,0 L + 1,0 G _{.RSP Y}
18	Kombinasi 18	1,2 D + 1,0 L - 1,0 G _{.RSP Y}

Ketidakpastian kekuatan bahan terhadap pembebanan dianggap sebagai faktor reduksi kekuatan menurut SNI-03-2847-2002, faktor reduksi ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Faktor Reduksi Kekuatan

No	Gaya yang Bekerja	Nilai Φ
1	Lentur tanpa beban aksial	0,80
2	Aksial tarik dan aksial dengan lentur	0,80
3	Aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur :	
	a. Dengan tulangan spiral	0,70
	b. Dengan tulangan sengkang ikat	0,65
4	Geser dan torsi	0,70
5	Tumpuan pada beton	0,70

2.4 Teori Gempa Bumi

2.4.1 Pengertian

Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Bumi walaupun padat, selalu bergerak, dan gempa bumi terjadi apabila tekanan yang terjadi karena pergerakan itu sudah terlalu besar untuk dapat di tahan oleh lempeng tektonik tersebut. Proses pelepasan energi berupa gelombang elastis yang disebut gelombang seismik atau gempa yang sampai ke permukaan bumi dan menimbulkan getaran dan kerusakan terhadap benda benda atau bangunan di permukaan bumi. Besarnya kerusakan tergantung dengan besar dan lamanya getaran yang sampai ke permukaan bumi. Selain itu juga tergantung dengan kekuatan struktur bangunan.

Para ahli gempa mengklasifikasikan gempa menjadi dua katagori, gempa intra lempeng (intraplate) dan antar lempeng (interplate). Gempa intraplate adalah gempa yang terjadi di dalam lempeng itu sendiri, sedangkan Gempa interplate terjadi di batas antar dua lempeng. Sebenarnya gempa bumi terjadi setiap hari, namun kebanyakan tidak terasa oleh manusia, hanya alat seismograph saja yang dapat mencatatnya dan tidak semuanya menyebabkan kerusakan. Di Indonesia gempa merusak terjadi 3 sampai 5 kali dalam setahun.

2.4.2 Jenis-jenis Gempa Bumi

Berdasarkan penyebab terjadinya, gempa bumi dapat dikelompokkan menjadi 5 jenis, yaitu:

- **Gempa Tektonik**
Seperti diketahui bahwa kulit bumi terdiri dari lempeng lempeng tektonik yang terdiri dari lapisan lapisan batuan. Tiap-tiap lapisan memiliki kekerasan dan massa jenis yang berbeda satu sama lain. Lapisan kulit bumi tersebut mengalami pergeseran akibat arus konveksi yang terjadi di dalam bumi.
- **Gempa Vulkanik**
Sesuai dengan namanya gempa vulkanik atau gempa gunung api merupakan peristiwa gempa bumi yang disebabkan oleh tekanan magma dalam gunung berapi. Gempa ini dapat terjadi sebelum dan saat letusan gunung api. Getarannya kadang-kadang dapat dirasakan oleh manusia dan hewan sekitar gunung berapi itu berada. Perkiraan meletusnya gunung berapi salah satunya ditandai dengan sering terjadinya getaran-getaran gempa vulkanik.
- **Gempa Runtuhan**
Gempa runtuh atau terban merupakan gempa bumi yang terjadi karena adanya runtuh tanah atau batuan. Lereng gunung atau pantai yang curam memiliki energi potensial yang besar untuk runtuh, juga terjadi di kawasan tambang akibat runtuhnya dinding atau terowongan pada tambang-tambang bawah tanah sehingga dapat menimbulkan getaran di sekitar daerah runtuh, namun dampaknya tidak begitu membahayakan. Justru dampak

yang berbahaya adalah akibat timbunan batuan atau tanah longsor itu sendiri.

- **Gempa Tumbukan**

Bumi merupakan salah satu planet yang ada dalam susunan tata surya. Dalam tata surya kita terdapat ribuan meteor atau batuan yang bertebaran mengelilingi orbit bumi. Sewaktu-waktu meteor tersebut jatuh ke atmosfer bumi dan kadang-kadang sampai ke permukaan bumi. Meteor yang jatuh ini akan menimbulkan getaran bumi jika massa meteor cukup besar. Getaran ini disebut gempa jatuhnya, namun gempa ini jarang sekali terjadi. Kawah terletak dekat Flagstaff, Arizona, sepanjang 1,13 km akibat kejatuhan meteorite 50.000 tahun yang lalu dengan diameter 50 m.

- **Gempa Buatan**

Suatu percobaan peledakan nuklir bawah tanah atau laut dapat menimbulkan getaran bumi yang dapat tercatat oleh seismograph seluruh permukaan bumi tergantung dengan kekuatan ledakan, sedangkan ledakan dinamit di bawah permukaan bumi juga dapat menimbulkan getaran namun efek getarannya sangat lokal.

2.5 Metode Analisis Bangunan Tahan Gempa

Awal perkembangan perencanaan bangunan tahan gempa dimulai pada tahun 1970 dengan membuat pedoman pembebanan Indonesia (PBI 71). Dimana diberikan metode berdasarkan koefisien gaya dasar bangunan dimana pendekatan tersebut jauh mendekati meskipun telah memberikan peta zona-zona gempa Indonesia yang telah diklasifikasikan menurut intensitas seismic daerah.

Dengan perkembangan perencanaan bangunan tahan gempa, pemerintah memberikan perhatian serius dengan terjadinya gempa yang cukup besar di Indonesia dengan mengakibatkan korban jiwa maupun kerugian material pada daerah-daerah yang dianggap masih zona seismic beresiko rendah terhadap gempa di Indonesia. Pada tahun 1976, dengan terbentuknya kerjasama bilateral antara Indonesia dengan New Zealand, maka pemerintah berencana untuk membuat peraturan baru. Hasil dari kerjasama tersebut berupa “Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Gedung” dipublikasikan pada tahun 1983. Dengan

beberapa perubahan dibuatlah versi terbaru “Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Rumah dan Gedung” (SKBI 1.3.53.1987), pengesahannya dibuat tahun 1989 oleh Standar Nasional Indonesia dengan nama “Peraturan Tahan Gempa Indonesia Untuk Rumah dan Gedung” (ANI 03-1726-1989).

Sebagai seorang perancang struktur diperlukan kemampuan dalam menafsirkan karakteristik masukan gempa bumi untuk struktur yang dirancang. Beban gempa bumi merupakan beban yang unik diantara tipe beban yang harus ditinjau karena gempa bumi yang besar umumnya akan menyebabkan tegangan dan lendutan yang lebih besar pada berbagai komponen kritis struktur daripada semua beban gabungan lainnya, meskipun kemungkinan terjadinya suatu gempa bumi selama masa pakai struktur yang diharapkan sangat kecil.

Pembebanan yang diperhitungkan pada peraturan mengacu terhadap hubungan antara gabungan beban ekstrim yang dipikul bangunan dan kemungkinan terhadap daya tahan gempa yang efektif, biasanya diambil strategi yang didasarkan pada dua kriteria perancangan:

1. Gempa bumi ukuran sedang yang mungkin cocok diaplikasikan di bangunan yang diambil sebagai dasar perencanaan. Bangunan harus diseimbangkan agar mampu menahan intensitas gerakan tanah ini tanpa kerusakan yang berarti terhadap struktur dasar.
2. Gempa bumi yang paling dahsyat yang dimungkinkan dapat terjadi di lapangan dipakai sebagai pengujian keamanan struktur. Oleh karena gempa bumi ini sangat tidak diinginkan terjadi, perancangan secara ekonomis dibenarkan memberikan izin rancangan yang dapat menyebabkan kerusakan struktur yang berarti, akan tetapi keruntuhan dan kematian harus dapat dihindari.

Peraturan ini dapat dibilang cukup lengkap untuk merencanakan bangunan tahan gempa, dimana dibahas mengenai dua metode analisis disain bangunan tahan gempa, yaitu: *Analisis dinamik dan anilasa beban static ekuivalen*. Versi yang terbaru dibuat kembali pada tahun 2010, dimana mengalami perubahan yang cukup berbeda yang dilatarbelakangi gerakan seismic di Indonesia yang sedang aktif dan diprediksikan akan terjadi gempa yang cukup

banyak di Indonesia. Peraturan terbaru ini di publikasikan pada tahun 2010 dengan nama “Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia Untuk Rumah dan Gedung” (SNI 03-1726-2002).

2.5.1 Analisis Dinamik

Dalam rangka menerapkan karakteristik getaran tanah dari gempa bumi rancangan dan gempa bumi maksimum yang mungkin terjadi pada suatu lapangan bangunan tertentu, perlu pertama-tama untuk mempelajari riwayat gempa bumi regional selama periode dimana setiap tipe informasi seismik diperoleh. Hanya dari data yang ditetapkan dari rekaman gempa menjadikan suatu taksiran terhadap kekuatan gempa bumi yang bisa diperkirakan mempengaruhi lapangan dan frekuensinya yang mungkin terjadi antara suatu kejadian ke kejadian lainnya. Oleh karena gempa bumi relative jarang terjadi. Maka data statistik yang ada merupakan merupakan taksiran pendekatan dari seismisitas lapangan. Di samping itu data pendukung lainnya dapat diperoleh dari studi geologi lapangan, yang membantu untuk menempatkan patahan-patahan aktif yang kuat dan menetapkan karakteristik tektonik struktur geologi local.

Salah satu cara yang paling sederhana untuk menetapkan gerakan tanah yang diharapkan adalah dengan menggunakan akselerogram dari suatu gempa bumi yang telah terjadi yang mempunyai kekuatan cukup besar dan telah dicatat pada suatu jarak yang bersangkutan. Misalnya catatan gerakan yang kuat dari gempa bumi El Centro, Mei 1940 NS, merupakan catatan yang bisa dibilang universal digunakan di dunia. Catatan ini digunakan pada berbagai keadaan untuk menggambarkan gerakan gempa bumi rancangan berkekuatan 7,0 SR pada jarak sekitar 7 km. akan tetapi pengalaman telah menunjukkan bahwa mungkin ada perbedaan drastic antara catatan-catatan gempa bumi yang mempunyai kekuatan dan jarak yang sama, dan respons struktur yang dihasilkan oleh catatan tunggal, menetapkan gempa bumi rancangan memberikan hasil yang sangat tidak tentu mengenai pengertian respons yang dihasilkan.

Terdapat dua macam metode yang dipergunakan dalam analisis dinamik, yaitu metode analisis modal yang diselesaikan dengan metode integrasi langsung yang diselesaikan dengan Analisis Riwayat Waktu (*Respons History Analysis*)

dan Analisis Spektrum Respons (*Respons Spektrum Analysis*). Pada penelitian ini, analisis yang digunakan adalah Analisis Spektrum Respons.

Analisis Spektrum Respon

Walaupun spektrum respons memberikan suatu dasar yang memuaskan bagi keseimbangan struktur selama tahap perancangan awal, namun umumnya kita perlu untuk mendapatkan suatu uraian eksplisit dari gerak tanah sebelum kita dapat menyelesaikan rancangan dari struktur yang besar. Adapun lokasi respons gempa yang diambil harus mewakili lokasi bangunan yang akan didisain terhadap jenis tanah, intensitas lokasi gempa, sehingga dapat mendekati nilai percepatan gempa maksimum sebenarnya.

Spektrum respons hanya dapat menyelesaikan respons struktur yang linier elastis. Jika respons struktur yang terjadi adalah non-linier, maka harus diunakan catatan riwayat waktu. Dari persamaan umum dinamik ditransformasikan dari koordinat kartesius ke koordinat nodal melalui hubungan. Persamaan dinamik yang digunakan adalah:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m \Gamma_n \ddot{u}_g$$

Persamaan di atas dapat diselesaikan dengan

$$u = \Phi_n q_n \quad m \Gamma_n = \Gamma_n m \Phi_n$$

Menghasilkan persamaan modal

$$\ddot{D}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{D}_n + \omega_n^2 D_n = -\ddot{u}_g$$

$$A_n = \omega_n^2 D_n$$

Dengan modal respons spektrum puncak kontribusi moda ke-n

$$r_{no} = r_n^s A_n$$

Menentukan total respons spektrum puncak, terdapat 3 macam ketentuan kombinasi penentuan jumlah total respons, yaitu:

- a. Absolute Sum (ABSSUM)

$$r_0 \leq \sum_{n=1}^N |r_{no}|$$

Pendekatan total respons puncak dengan cara ini terlalu konservatif, di mana respons puncak yang diberikan relative cukup besar, sehingga cara ini kurang populer diunakan.

b. Square Root of Sum of Square (SRSS)

$$r_{no} \approx \sqrt{\sum_{n=1}^N r_{no}^2}$$

Ketentuan kombinasi ini dikembangkan oleh E. Rosenblueth's Ph.D (1951) di mana memiliki perhitungan yan baik di dalam menentukan respons apabila struktur yang ditinjau memiliki selisih frekuensi alami yang berjauhan. Namun batasan tersebut tidak memberikan kepastian dalam menentukan ketentuan permasalahan. Metode ini dipakai pada peraturan gempa Indonesia.

c. Complete Quadratic Combination (CQC)

$$r_{no} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{n=1}^N \rho_{in} r_{io} r_{no}}$$

Persamaan di atas dapat diselesaikan dengan

$$\rho_{in} = \frac{8\zeta^2(1 + \beta_{in})\beta_{in}^{3/2}}{(1 - \beta_{in}^2)^2 + 4\zeta^2\beta_{in}(1 + \beta_{in})^2}$$

$$\beta_{in} = \frac{\omega_i}{\omega_n}$$

Kombinasi ini memiliki kemampuan yang lebih luas terhadap struktur jika dibandingkan dengan batasan ketentuan SRSS. Metode ini dipakai pada peraturan SNI 03-1726-2002 yang memperbolehkan menggunakan CQC untuk selisih waktu etar hampir sama besar dengan batasan selisih 15%.

Salah satu pendekatan untuk memperoleh catatan-catatan percepatan tanah puncak yang sesuai telah dapat dimodifikasi dan mengubah catatan gempa bumi yang nyata dengan bentuk grafik respons spektrum terhadap periode getar. Kurva yang melingkupi spektrum respons dasar diistilahkan sebagai spektrum respons yang diisyaratkan karena menandai syarat batas getaran yang dibuat pada suatu jenis bangunan yang mungkin akan mengalaminya pada suatu daerah selama gempa bumi.

2.5.2 Analisis Statik Ekuivalen

Analisis perhitungan statik ekuivalen merupakan pendekatan statik dimana efek dinamik gempa terhadap percepatan tanah yang terjadi diubah dengan gaya-gaya statik lateral gempa secara statik yang terjadi pada struktur.

2.6 Peraturan Pembebanan Gempa Indonesia

Berikut ini adalah ringkasan mengenai peraturan pembebanan gempa di Indonesia:

2.6.1 Pembebanan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2002

2.6.1.1 Peraturan Perencanaan

Syarat-syarat perancangan struktur gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam standar ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

- Gedung dengan sistem struktur yang tidak umum atau masih memerlukan pembuktian tentang kelayakan
- Gedung dengan sistem isolasi landasan (base isolation) untuk meredam pengaruh gempa terhadap struktur atas
- Bangunan Teknik Sipil seperti jembatan, bangunan air, dinding, dan dermaga pelabuhan, anjungan lepas pantai dan bangunan non-gedung lainnya
- Rumah tinggal satu tingkat dan gedung-gedung non-teknis lainnya

2.6.1.2 Gempa Rencana

Gempa Rencana ditetapkan mempunyai perioda ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahun. Akibat

pengaruh Gempa Rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

2.6.1.3 Wilayah Gempa dan Respon Spektrum

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.3, di mana Wilayah Gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan Wilayah Gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Pembagian Wilayah Gempa ini berdasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh Gempa Rencana dengan perioda ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap Wilayah Gempa ditetapkan di dalam tabel berikut:

Tabel 2. 3 Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah
SNI 03-1726-2002

Wilayah Gempa	Percepatan puncak batuan dasar	Percepatan puncak muka tanah A_0 (g)		
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak
1	0,03	0,04	0,05	0,08
2	0,10	0,12	0,15	0,20
3	0,15	0,18	0,23	0,30
4	0,20	0,24	0,28	0,34
5	0,25	0,28	0,32	0,36
6	0,30	0,33	0,36	0,38

Untuk masing-masing Wilayah Gempa ditetapkan respon spektrum gempa rencana seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. C adalah faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik. Untuk $T = 0$ nilai C menjadi sama dengan A_0 , di mana A_0 merupakan percepatan puncak pada permukaan tanah.

2.6.1.4 Jenis-Jenis Tanah

Jenis tanah dikelompokkan menjadi 4 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran kecepatan rambat gelombang geser rata-rata (v_s), nilai hasil test penetrasi standar rata-rata (N), dan kuat geser niralir rata-rata.

Tabel 2. 4 Jenis-Jenis Tanah

Jenis tanah	v_s (m/det)	N-SPT (N)	Su (kPa)
Tanah Keras	$v_s \geq 350$	$N \geq 50$	$Su \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq v_s < 350$	$15 \leq N < 50$	$50 \leq Su < 100$
Tanah Lunak	$v_s < 175$	$N \leq 15$	$Su \leq 50$
	setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI \geq 20$, $w_n > 40\%$ dan $Su < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

2.6.1.5 Kategori Gedung

Kategori Gedung ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan gedung pasca terjadinya gempa. Pengaruh Gempa Rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan, I . Berikut ini adalah tabel dari faktor keutamaan berdasarkan jenis gedung:

Tabel 2. 5 Faktor Keutamaan (I) Untuk Berbagai Kategori Gedung Dan Bangunan

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan, dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan minumental	1,0	1,6	1,6

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk, minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

2.6.1.6 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Seperti yang tercantum di dalam pasal 4.2, struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- Tinggi tidak lebih 10 tingkat atau 40 m.
- Denah tanpa tonjolan, tidak lebih dari 25% panjang dan lebar denah bangunan.
- Denah tanpa coakan sudut, tidak lebih dari 15% panjang dan lebar denah bangunan.
- Sistem struktur terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral.
- Sistem tanpa loncatan bidang muka, tidak kurang dari 75% ukuran terbesar denah bangunan.
- Kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Tingkat lunak adalah suatu tingkat di mana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya.
- Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya.

- Sistem unsur-unsur vertikal dari penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya.
- Sistem lantai tingkat menerus, tanpa lubang atau bukaan, luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Lubang dan bukaan tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya

2.6.1.7 Daktilitas Struktur

Faktor daktilitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya perlelehan pertama δ_y , yaitu:

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m$$

Dalam persamaan diatas, $\mu = 1,0$ adalah nilai faktor daktilitas untuk struktur gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan μ_m adalah nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur gedung yang bersangkutan menurut SNI 03-1726-2002, pasal 4.3.4.

2.6.1.8 Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2002, pasal 6.1, struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen. Beban geser dasar nominal statik yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan:

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t$$

Keterangan:

C_1 : Nilai faktor respons gempa dari spektrum respons Gempa Rencana

R : Faktor reduksi gempa terhadap elastisitas, beban nominal dan faktor daktilitas struktur

Beban geser nominal di atas harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban nominal statik ekivalen, F_i , yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-I menurut persamaan:

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot z_i} V$$

Keterangan:

W_i : Berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup

z_i : Ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepit lateral

n : nomor lantai tingkat paling atas

Apabila rasio antara tinggi struktur gedung dan ukuran denahnya dalam arah pembebanan gempa sama dengan atau melebihi 3, maka 0,1 harus dianggap sebagai beban horisontal terpusat yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat paling atas, sedangkan 0,9 sisanya harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekivalen menurut persamaan di atas.

2.6.1.9 Waktu Getar Alami Fundamental

Sesuai pasal 6.2, waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan dalam arah masing-masing sumbu utama dapat ditentukan dengan rumus Rayleigh sebagai berikut:

$$T_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i d_i^2}{g \sum_{i=1}^n F_i d_i}}$$

di mana W_i dan F_i mempunyai arti yang sama seperti pasal 6.1.3, d_i adalah simpangan horizontal lantai tingkat ke-i dinyatakan dalam mm dan 'g' adalah percepatan gravitasi yang ditetapkan sebesar 9810 mm/det².

Apabila waktu getar alami fundamental T_1 struktur gedung untuk penentuan Faktor Respons Gempa C_1 ditentukan dengan rumus-rumus empiric

atau didapat dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, nilainya tidak boleh menyimpang lebih dari 20% dari nilai yang dihitung menurut pasal 6.2.1.

Sesuai pasal 5.6, untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ζ untuk Wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan berikut:

$$T_1 < \zeta n$$

di mana koefisien ζ ditetapkan menurut tabel di bawah ini:

Tabel 2. 6 Koefisien ζ Yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung

Wilayah Gempa	Z
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

2.6.2 Pembebanan Gempa Berdasarkan RSNI 03-1726-2011

2.6.2.1 Peraturan Perencanaan

Syarat-syarat perencanaan struktur bangunan gedung dan non gedung tahan gempa yang ditetapkan dalam Tata cara ini tidak berlaku untuk bangunan sebagai berikut:

- Struktur bangunan dengan sistem struktur yang tidak umum atau yang masih memerlukan pembuktian tentang kelayakannya.
- Struktur jembatan kendaraan lalu lintas (jalan raya dan kereta api), struktur reaktor energi, struktur bangunan irigasi dan bendungan, struktur menara transmisi listrik, serta struktur anjungan pelabuhan, anjungan lepas pantai, dan struktur penahan gelombang.

Untuk struktur-struktur yang disebutkan dalam batasan tersebut di atas, perencanaan harus dilakukan dengan menggunakan Tata Cara dan Pedoman

Perencanaan yang terkait, dan melibatkan tenaga-tenaga ahli utama di bidang rekayasa struktur dan geoteknik.

2.6.2.2 Gempa Rencana

Gempa Rencana ditetapkan mempunyai perioda ulang 2500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 2% selama umur gedung 50 tahun.

2.6.2.3 Wilayah Gempa dan Respons Spektrum

Terdapat 2 buah peta Wilayah Gempa, yaitu untuk gempa dengan periode sangat singkat ($T = 0,2$ detik), dan gempa dengan periode 1 detik ($T = 1$ detik), seperti yang terdapat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6. Grafik respons spektrum tidak disediakan, melainkan harus dirancang sendiri menggunakan parameter-parameter percepatan yang dapat dihitung berdasarkan wilayah gempa dan struktur gedung yang akan di bangun.

Berikut ini adalah langkah-langkah membuat respons spektrum disain yang terdapat dalam pasal 6:

- a. Menentukan S_s (di dapat dari peta gempa dengan periode ulang 2500 tahun dan $T = 0,2$ detik) dan S_1 (di dapat dari peta gempa dengan periode ulang 2500 tahun dan $T = 1$ detik)
- b. Menentukan jenis tanah dan koefisien situs

Setelah jenis tanah ditentukan, dengan nilai S_s dan S_1 yang diperoleh di langkah 1, dan dengan tabel 4 dan 5 pada RSNI 03-1726-2011 (pasal 6.2), maka di dapat F_a dan F_v .

Tabel 2. 7 Koefisien Situs F_a

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

Tabel 2. 8 Koefisien Situs F_v

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

- c. Menghitung S_{MS} dan S_{M1}

S_{MS} dan S_{M1} (parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek dan perioda 1 detik) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{M1} = F_v S_1$$

- d. Menghitung parameter percepatan spektral disain

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

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1}$$

e. Spektrum respons disain

i. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan disain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

ii. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan disain, S_a , sama dengan S_{DS}

iii. Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan disain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Keterangan:

S_{DS} adalah parameter respons spektral percepatan disain pada perioda pendek

S_{D1} adalah parameter respons spektral percepatan disain pada perioda 1 detik

T adalah perioda getar fundamental struktur

2.6.2.4 Jenis-Jenis Tanah

Sesuai pasal 5.3, jenis tanah dikelompokkan menjadi 6 bagian, dengan pembagiannya berdasarkan besaran kecepatan rambat gelombang geser rata-rata (v_s), nilai hasil test penetrasi standar rata-rata (N), dan kuat geser niralir rata-rata.

Tabel 2. 9 Klasifikasi Situs

Kelas situs	Vs (m/det)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras)	350 – 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
SF (tanah khusus)	Tanah yang memiliki salah satu karakteristik berikut (berpotensi gagal saat gempa, lempung sangat organik, lempung berplastisitas tinggi)		

2.6.2.5 Kategori Gedung

Sesuai pasal 4.1.2 yang menentukan kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung. Pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didisain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2. 10 Kategori Risiko Bangunan Gedung Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dengan risiko rendah terhadap jiwa manusia	I
Semua gedung lain	II
Gedung dengan risiko tinggi terhadap jiwa manusia	III
Gedung yang ditujukan untuk fasilitas penting	IV

Tabel 2. 11 Faktor Keutamaan Gempa

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

2.6.2.6 Kategori Disain Gempa

Sesuai pasal 6.5, struktur harus memiliki suatu kategori disain seismik yang mengikuti pasal ini. Perhitungan perancangan besarnya gaya gempa rencana untuk disain dan analisis perhitungan dinyatakan oleh besarnya gaya geser dasar, ketentuan mengenai syarat kekuatan dan pendetailan tulangan serta fleksibilitas ketidakberaturan bentuk hubungan dan limitasi tinggi tidak lagi ditentukan oleh peta zoning gempa sebagaimana halnya yang telah ditetapkan dalam SNI 03-1726-2002. Pada RSNI 03-1726-2011, ketentuan mengenai hal tersebut di atas telah tergantikan oleh criteria perancangan baru yang disebut Kategori Disain Gempa (Seismic Design Category) dan dikaitkan dengan Kategori Hunian.

Tabel 2. 12 Kategori Disain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda Pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2. 13 Kategori Disain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Perioda 1 Detik

Nilai S_1	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} \leq 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{DS} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DS} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DS}$	D	D

2.6.2.7 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan

Sesuai pasal 7.3.2, struktur gedung dikatakan tidak beraturan apabila terdapat salah satu dari ketidakberaturan berikut ini:

- Ketidakberaturan horisontal (ketidak-beraturan torsi, ketidakberaturan torsi berlebihan, ketidakberaturan sudut dalam, ketidakberaturan diskontinuitas diafragma, ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang), ketidakberaturan sistem nonparalel.
- Ketidakberaturan vertikal (ketidak-beraturan kekakuan tingkat lunak, ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan, ketidakberaturan berat, ketidakberaturan geometri vertikal, diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal, diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat, diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat yang berlebihan).

2.6.2.8 Struktur penahan beban seismik

Sesuai pasal 7.2, sistem penahan gaya seismik lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan di dalam tabel yang terlampir atau kombinasi sistem seperti dalam pasal 7.2.2, 7.2.3, dan 7.2.4. Setiap tipe dibagi-bagi berdasarkan tipe elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya seismik lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam tabel. Faktor modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan faktor pembesaran defleksi, C_d , sebagaimana ditunjukkan dalam tabel harus digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya disain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat disain.

2.6.2.9 Gaya Geser Dasar Gempa dan Beban Lateral Gempa

Sesuai pasal 7.8, gaya dasar seismik, V , dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W$$

Keterangan :

C_s : koefisien respons seismik

W : berat seismik efektif

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai persamaan berikut:

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

Nilai C_s yang dihitung di atas tidak boleh melebihi berikut ini:

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

C_s harus tidak kurang dari:

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

Untuk struktur yang berlokasi di S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka

C_s harus tidak kurang dari:

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

b

Keterangan :

S_{DS} : parameter percepatan spektrum respons disain dalam rentang perioda pendek

S_{D1} : parameter percepatan spektrum respons disain pada perioda 1 detik

S_1 : parameter percepatan spektrum respons maksimum yang dipetakan

T : perioda struktur dasar (detik)

R : faktor modifikasi respons

I_e : faktor keutamaan hunian

Sesuai pasal 7.8.3, gaya gempa lateral yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx} V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Keterangan

C_{vx} : faktor distribusi vertikal

V : gaya lateral disain total

w_i dan w_x : bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

h_i dan h_x : tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x

k : eksponen yang terkait dengan perioda struktur

Sesuai pasal 7.8.4, gaya tingkat disain gempa di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$V_x = \sum_{i=x}^N F_i$$

Keterangan

F_i : bagian dari gaya geser dasar seismik yang timbul di tingkat i.

2.6.3 Waktu Getar Alami Fundamental

Sesuai pasal 7.8.2, perioda struktur fundamental, T , yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan properti struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji. Perioda fundamental, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental, T , diijinkan secara langsung

menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai dengan persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan

h_n : ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

Tabel 2. 14 Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t Dan X

Tipe struktur	C_t	X
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tabel 2. 15 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda Yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral disain pada 1 detik	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

BAB 3

PRELIMINARY DISAIN

3.1 Penentuan Model Umum

Pemodelan yang dilakukan di dalam penelitian ini hanya membatasi gedung bertingkat rendah, dengan berbagai macam variasi denah regular. Berikut ini adalah kriteria umum yang digunakan dalam penentuan model, antara lain:

- Luas lantai dan as kolom dibuat tipikal
- Perbedaan elevasi tiap lantai 3,5 meter
- Jarak antar kolom 4,8, 6 dan 8 meter

Variasi yang diambil antara lain:

- Rasio lebar terhadap panjang bangunan = 1:1, 1:2, dan 1:3
- Jumlah lantai bangunan = 3, 4, 5, 6, 7, dan 8
- Jarak antar kolom = 4,80, 6,00 dan 8,00 m

Tabel 3. 1 Pendimensian Modelisasi Bentang 4.8 meter

	DIMENSI									JUMLAH KOLOM					
	1:1			1:2			1:3			1:1		1:2		1:3	
	L	P	H	L	P	H	L	P	H	L	P	L	P	L	P
L3	24	24	10,5	24	48	10,5	24	72	10,5	6	6	6	11	6	16
L4	24	24	14	24	48	14	24	72	14	6	6	6	11	6	16
L5	24	24	17,5	24	48	17,5	24	72	17,5	6	6	6	11	6	16
L6	24	24	21	24	48	21	24	72	21	6	6	6	11	6	16
L7	24	24	24,5	24	48	24,5	24	72	24,5	6	6	6	11	6	16
L8	24	24	28	24	48	28	24	72	28	6	6	6	11	6	16

Tabel 3. 2 Pendimensian Modelisasi Bentang 6 meter

	DIMENSI									JUMLAH KOLOM					
	1:1			1:2			1:3			1:1		1:2		1:3	
	L	P	H	L	P	H	L	P	H	L	P	L	P	L	P
L3	24	24	10,5	24	48	10,5	24	72	10,5	5	5	5	9	5	13
L4	24	24	14	24	48	14	24	72	14	5	5	5	9	5	13
L5	24	24	17,5	24	48	17,5	24	72	17,5	5	5	5	9	5	13
L6	24	24	21	24	48	21	24	72	21	5	5	5	9	5	13
L7	24	24	24,5	24	48	24,5	24	72	24,5	5	5	5	9	5	13
L8	24	24	28	24	48	28	24	72	28	5	5	5	9	5	13

Tabel 3. 3 Pendimensian Modelisasi Bentang 8 meter

	DIMENSI									JUMLAH KOLOM					
	1:1			1:2			1:3			1:1		1:2		1:3	
	L	P	H	L	P	H	L	P	H	L	P	L	P	L	P
L3	24	24	10,5	24	48	10,5	24	72	10,5	4	4	4	7	4	10
L4	24	24	14	24	48	14	24	72	14	4	4	4	7	4	10
L5	24	24	17,5	24	48	17,5	24	72	17,5	4	4	4	7	4	10
L6	24	24	21	24	48	21	24	72	21	4	4	4	7	4	10
L7	24	24	24,5	24	48	24,5	24	72	24,5	4	4	4	7	4	10
L8	24	24	28	24	48	28	24	72	28	4	4	4	7	4	10

Keterangan

1: n = Rasio lebar terhadap panjang bangunan

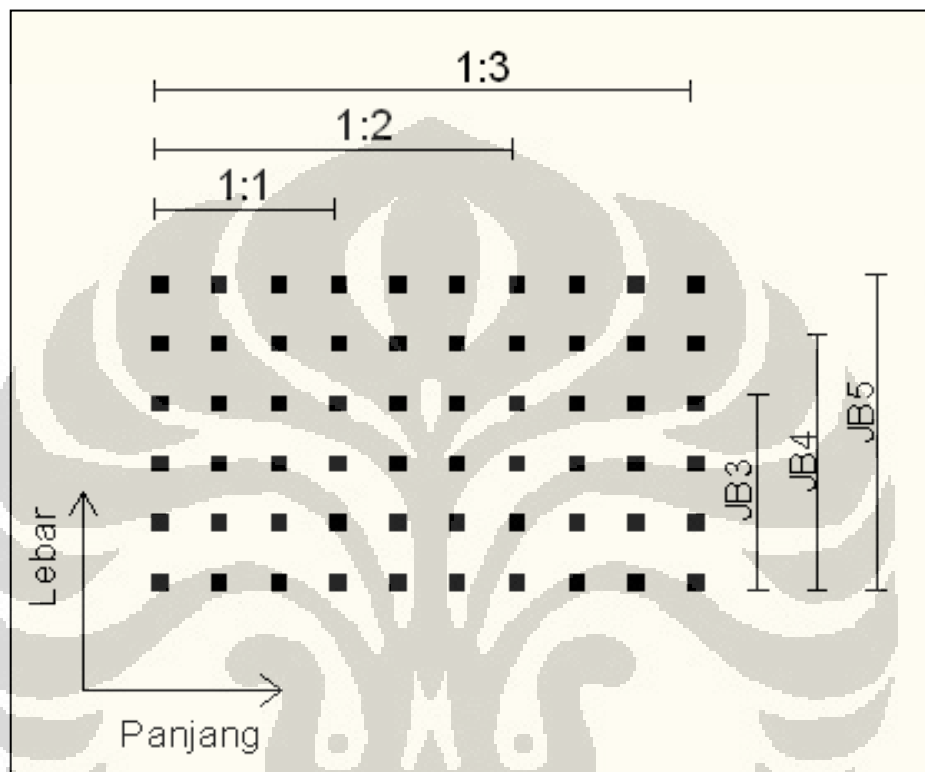
Ln = Jumlah lantai bangunan

L, P, H = Lebar, panjang, dan tinggi

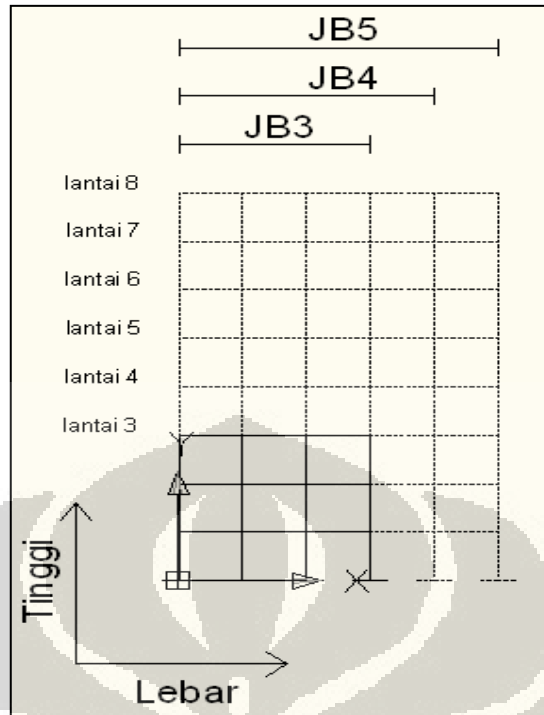
Dari tabel di atas terdapat model struktur sebanyak 18 variasi model untuk setiap variasi bentang antar kolom, sehingga keseluruhannya terdapat 54 model. Keseluruhan model akan dianalisis terhadap peraturan SNI 03-1726-2002

Universitas Indonesia

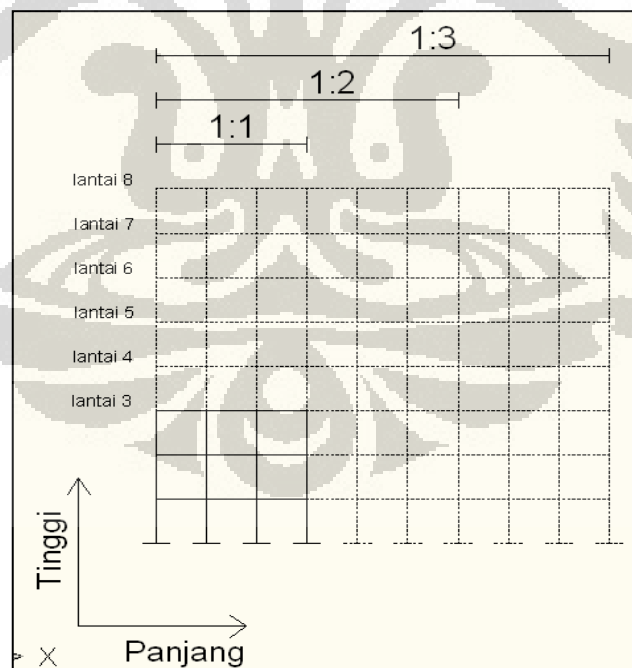
dan SNI 03-1726-2011 untuk mendapatkan gaya geser dasar (base shear) dengan analisis dinamik respons spektrum sehingga dapat diketahui hubungan maupun perilaku perubahannya pada tiap model hingga dapat mengetahui prediksi terhadap tingkah laku struktur yang sejenis.



Gambar 3. 1 Gambar Variasi Denah

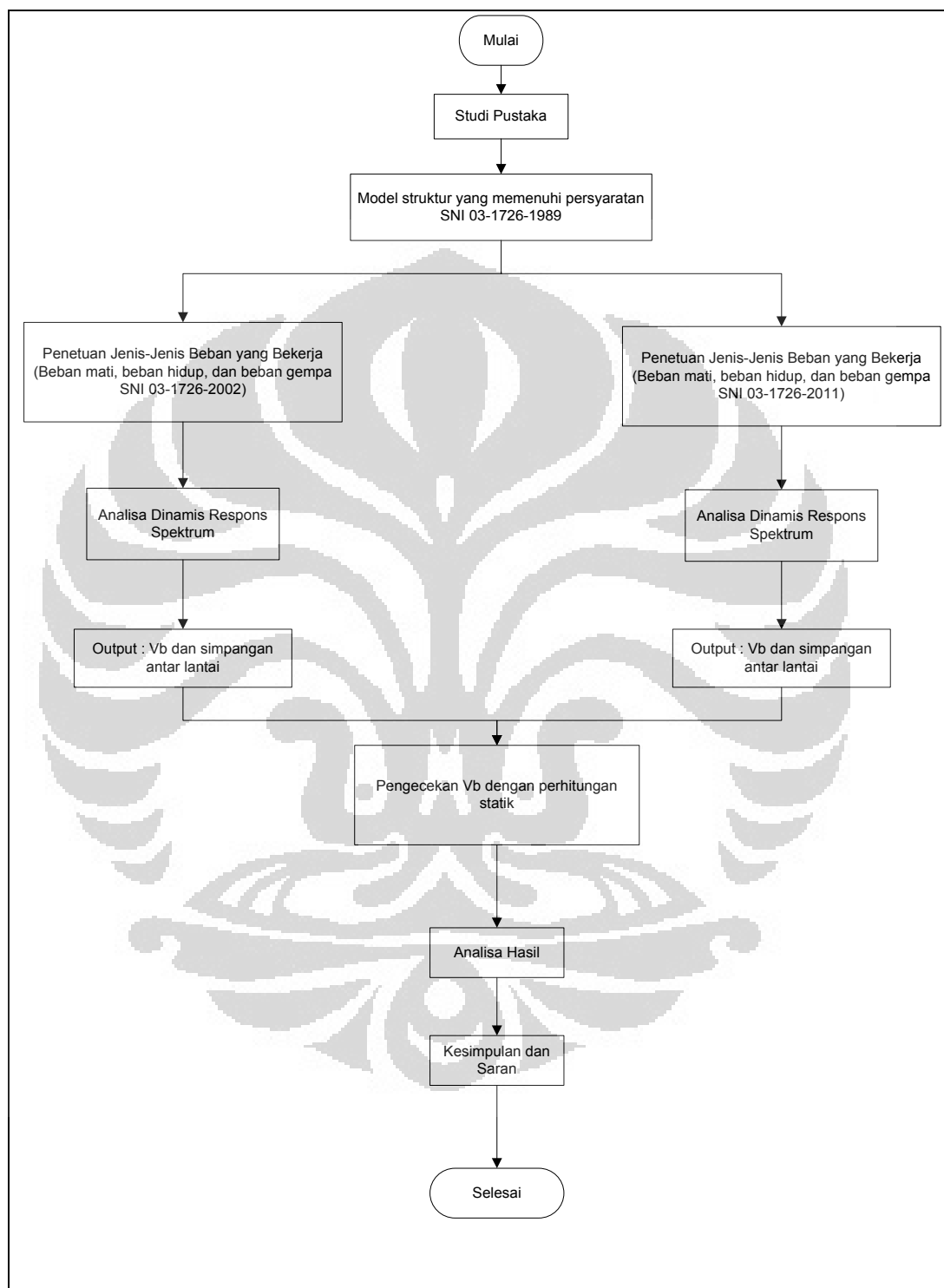


Gambar 3. 2 Sketsa Variasi Tampak Samping



Gambar 3. 3 Sketsa Variasi Tampak Depan

3.2 Metodologi Penelitian



Gambar 3. 4 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.3 Data Perencanaan

Parameter disain gedung menggunakan data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Rinaldi pada tahun 2006, dengan judul penelitian “EVALUASI KETAHANAN GEMPA BANGUNAN EXISTING TINGKAT RENDAH (SNI 03-1726-1989 DENGAN SNI 03-1726-2002)” Adapun parameter disain gedung yang telah ditentukan mewakili gedung pada umumnya. Penentuan parameter model juga ditentukan dengan asumsi umum, seperti dimensi balok diambil dari 1/12 panjang bentang dan dimensi kolom diambil dari besar aksial dibagi dengan sepertiga tegangan tekan beton dan disain menggunakan prinsip “kolom kuat, balok lemah” yang telah diterapkan pada peraturan beton terdahulu.

3.3.1 Parameter Disain Struktur

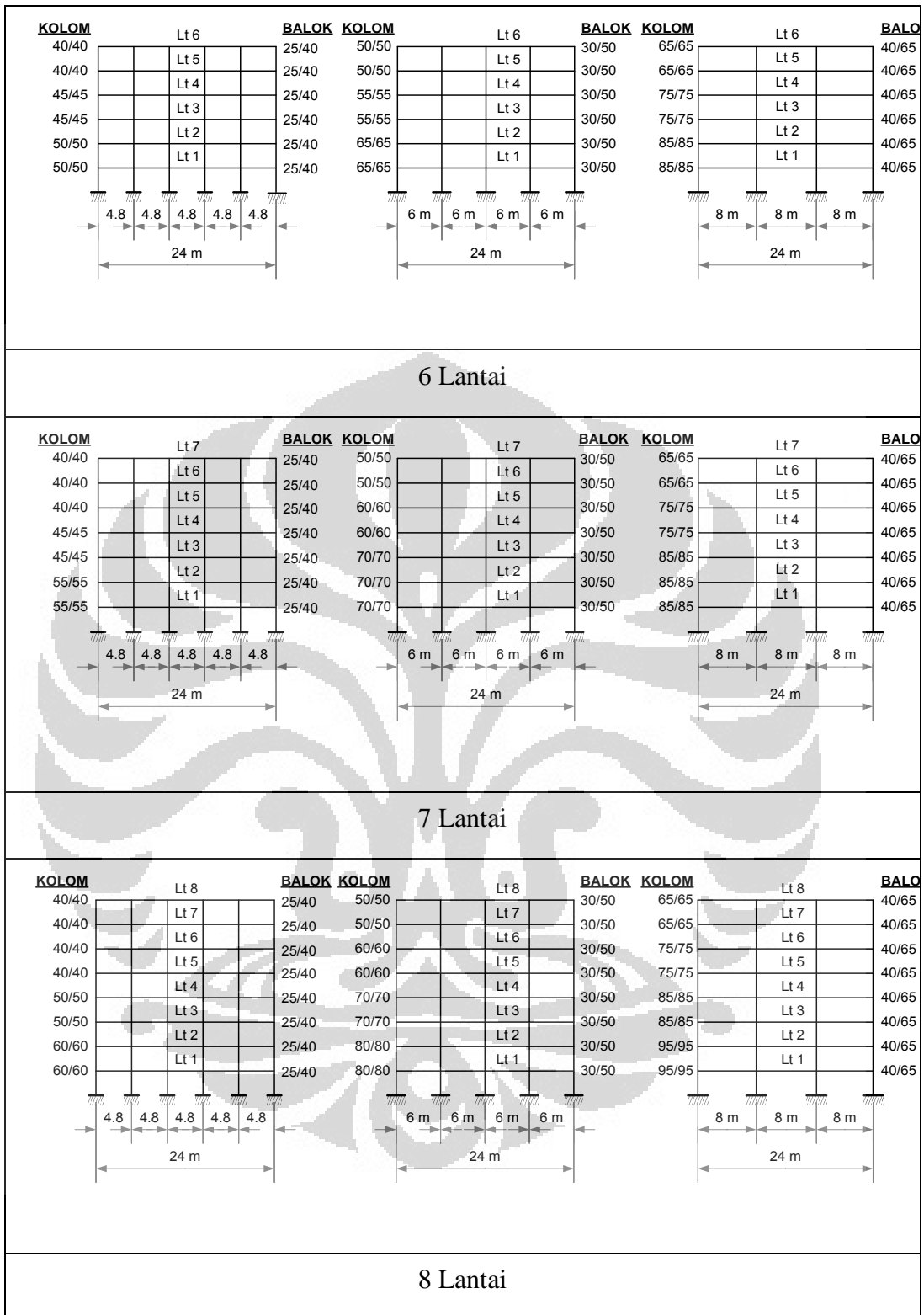
3.3.1.1 Dimensi Struktur

Berikut ini adalah dimensi struktur yang telah ditentukan pada penelitian sebelumnya:

Pelat Lantai Diafragma = 120 mm

Tabel 3. 4 Pendimensian Modelisasi

Bentang 4,8 m		Bentang 6,0 m		Bentang 8,0 m	
3 Lantai					
<p>KOLOM</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>4.8 4.8 4.8 4.8 4.8</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p>	<p>KOLOM</p> <p>45/45</p> <p>45/45</p> <p>45/45</p> <p>6 m 6 m 6 m 6 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p>	<p>KOLOM</p> <p>60/60</p> <p>60/60</p> <p>60/60</p> <p>8 m 8 m 8 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p>
4 Lantai					
<p>KOLOM</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>4.8 4.8 4.8 4.8 4.8</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p>	<p>KOLOM</p> <p>45/45</p> <p>45/45</p> <p>50/50</p> <p>50/50</p> <p>6 m 6 m 6 m 6 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p>	<p>KOLOM</p> <p>60/60</p> <p>60/60</p> <p>70/70</p> <p>70/70</p> <p>8 m 8 m 8 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p>
5 Lantai					
<p>KOLOM</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>40/40</p> <p>45/45</p> <p>45/45</p> <p>4.8 4.8 4.8 4.8 4.8</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p> <p>25/40</p>	<p>KOLOM</p> <p>45/45</p> <p>45/45</p> <p>50/50</p> <p>50/50</p> <p>60/60</p> <p>6 m 6 m 6 m 6 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p> <p>30/50</p>	<p>KOLOM</p> <p>60/60</p> <p>60/60</p> <p>70/70</p> <p>70/70</p> <p>80/80</p> <p>8 m 8 m 8 m</p> <p>24 m</p>	<p>BALOK</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p> <p>40/65</p>



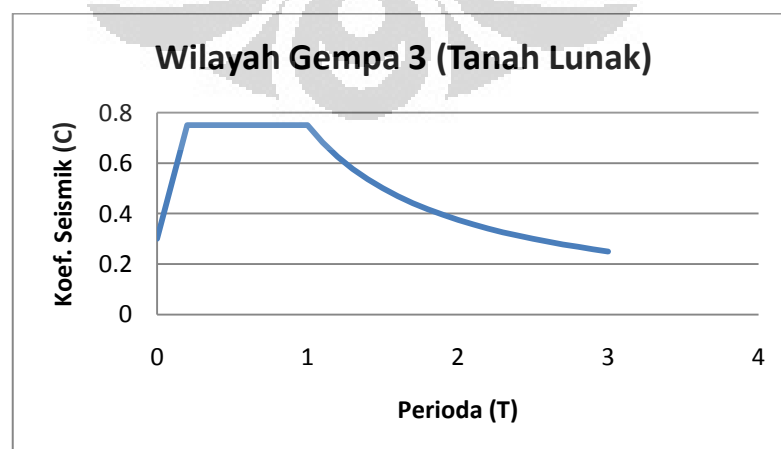
3.3.1.2 Material Struktur

- Mutu Beton Bertulang:
 - K-300 (struktural) = 300 kg/cm² → $f_c' = 25 \text{ MPa}$
 - Modulus Elastis (E_c) = 2,35 x 10⁵ kg/cm²
- Mutu Baja:
 - BJTD 40fy = 400 MPa
- Beban Struktur
 - Beban mati total (q_{DL}) = 91 kg/m²
 1. Screed (20 mm) = 42 kg/m²
 2. Finishing (keramik 10 mm) = 24 kg/m²
 3. Ducting + Lighting + Ceiling = 25 kg/m² +
 - Beban mati total (q_{DL}) = 91 kg/m²
 - Beban hidup total (q_{LL}) = 250 kg/m² (setiap lantai)
 - = 100 kg/m² (lantai atap)
 - Beban gempa = disesuaikan

3.4 Beban Gempa

3.4.1 Beban Gempa SNI 03-1726-2002

Lokasi	: DKI Jakarta
Wilayah Gempa	: 3
Jenis Tanah	: Tanah Lunak
Analisis Gempa	: Response Spektrum (CQC)
Faktor Keutamaan	: 1
Daktalitas (R)	: 8,5 (daktail penuh)



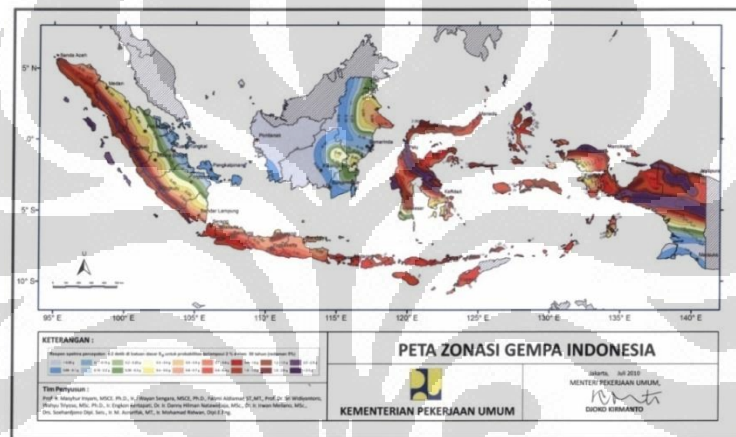
Gambar 1 Respons Spektrum Gempa Rencana SNI 03-1726-2002

3.4.2 Beban Gempa SNI 03-1726-2011

Lokasi	: DKI Jakarta
Jenis Tanah	: Tanah Lunak (Kelas situs : SE)
Analisis Gempa	: Response Spektrum (CQC)
Faktor Keutamaan	: 1
Kategori Risiko	: 1
Koef. Respons (R)	: 8(Rangka beton bertulang pemikul momen khusus)

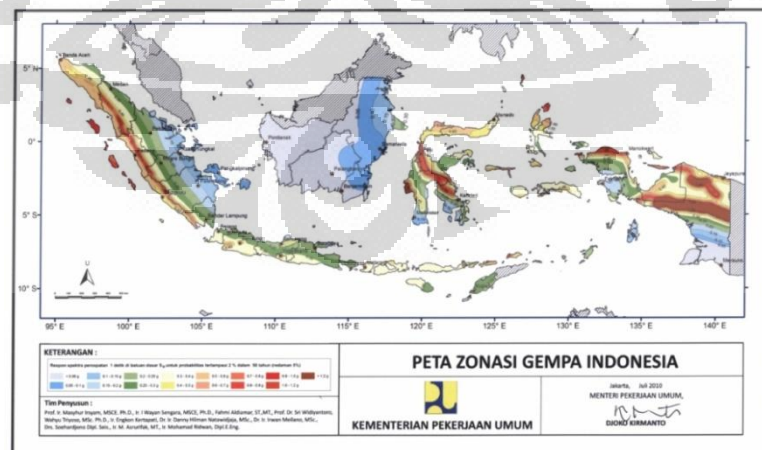
Menentukan respons spektrum disain SNI 03-1726-2011

1. Menentukan S_S dan S_1



Gambar 2 Peta gempa dengan perioda ulang 2500 tahun dan $T = 0,2$ s

➔ Dari peta di atas wilayah DKI Jakarta memiliki nilai $S_S = 0,65$ g



Gambar 3 Peta gempa dengan perioda ulang 2500 tahun dan $T = 1$ s

➔ Dari peta di atas wilayah DKI Jakarta memiliki nilai $S_1 = 0,275$ g

2. Menentukan Koefisien situs (F_a dan F_v)

Tabel 1 Koefisien situs F_a

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

Tabel 2 Koefisien situs F_v

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

Maka untuk $S_s = 0,65$ g dan $S_1 = 0,275$ g, diperoleh:

$$F_a = 1,4$$

$$F_v = 2,9$$

3. Menentukan S_{MS} dan S_{M1}

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,4 \times 0,65 = 0,91$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,9 \times 0,275 = 0,7975$$

4. Menentukan SDS dan SD1

$$S_{DS} = 2/3 \times S_{MS} = 2/3 \times 0,91 = 0,6067$$

$$S_{D1} = 2/3 \times S_{M1} = 2/3 \times 0,7975 = 0,5317$$

5. Menghitung parameter-parameter respons spektrum disain

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,5317}{0,6067} = 0,1753$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$$

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan disain, S_a , harus diambil dari persamaan:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Maka untuk $T = 0$ di dapat nilai $S_a = 0,24268$

Untuk perioda yang lebih besar dari T_s , S_a berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

Nilai T tidak boleh melebihi nilai $C_u T_a$. Jika nilai T melebihi besar $C_u T_a$, maka nilai $C_u T_a$ yang digunakan.

$$T_a = C_t h_n^x$$

Di mana untuk rangka beton pemikul momen nilai C_t adalah 0,0466 dan nilai x adalah 0,9. Dan nilai C_u untuk percepatan respons spektral disain pada 1 detik lebih besar atau sama dengan 0,4 adalah 1,4. Sehingga diperoleh batasan periode sebagai berikut:

Dari persamaan di atas, maka diperoleh batasan nilai T untuk setiap tingkat sebagai berikut:

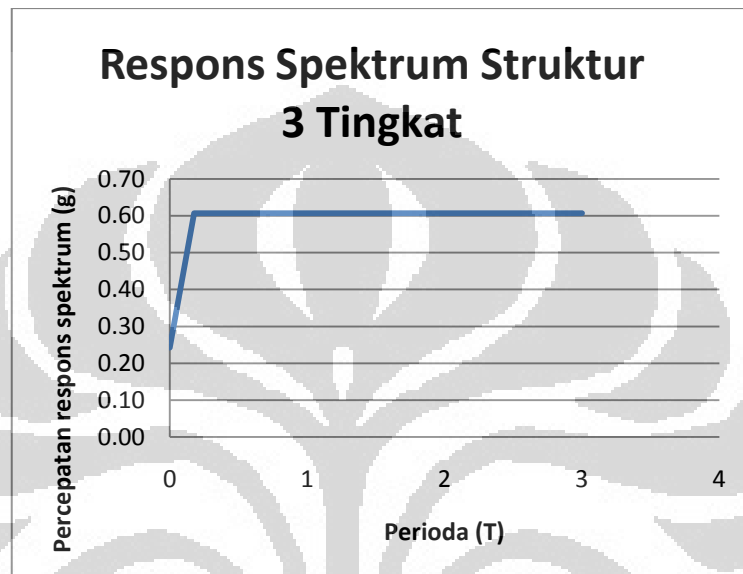
Tabel 3. 5 Nilai $C_u T_a$ Untuk Setiap Tingkat

Tingkat	h(m)	C_t	$C_u T_a$
3	3,5	0,3868	0,5415
4	7	0,5010	0,7015
5	10,5	0,6125	0,8575
6	14	0,7217	1,0104

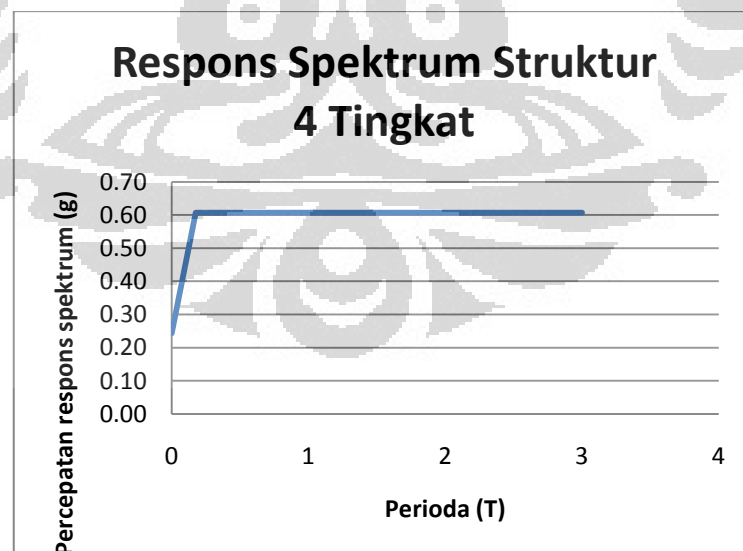
7	17,5	0,8292	1,1608
8	21	0,9350	1,3090

6. Membuat grafik respons spektrum

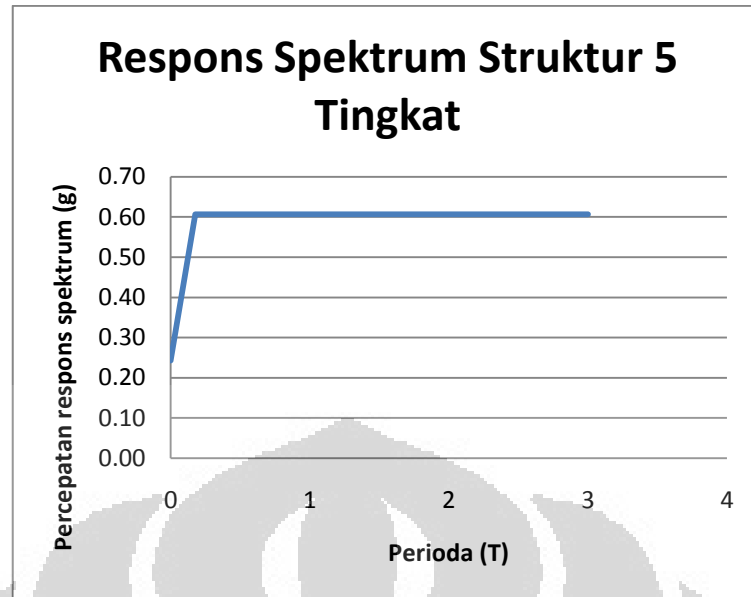
Dari data di atas, maka dapat dibuat grafik sebagai berikut:



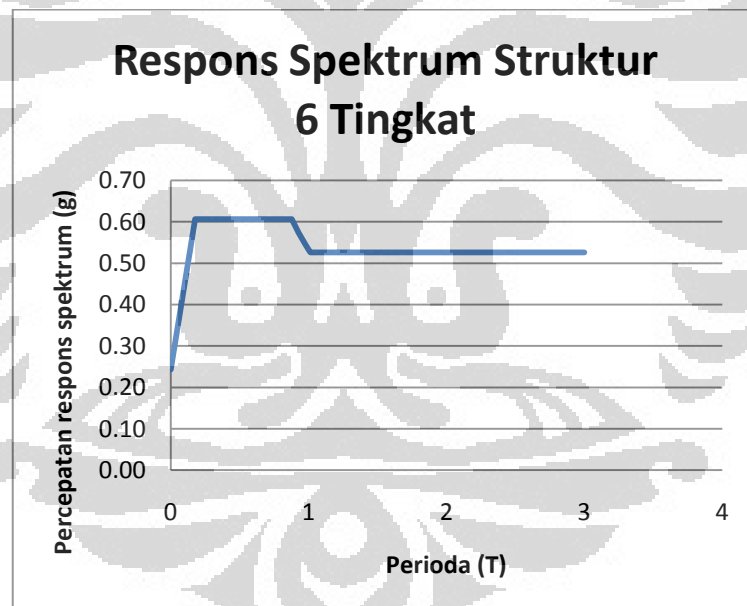
Gambar 3. 5 Respons Spektrum Struktur 3 Tingkat



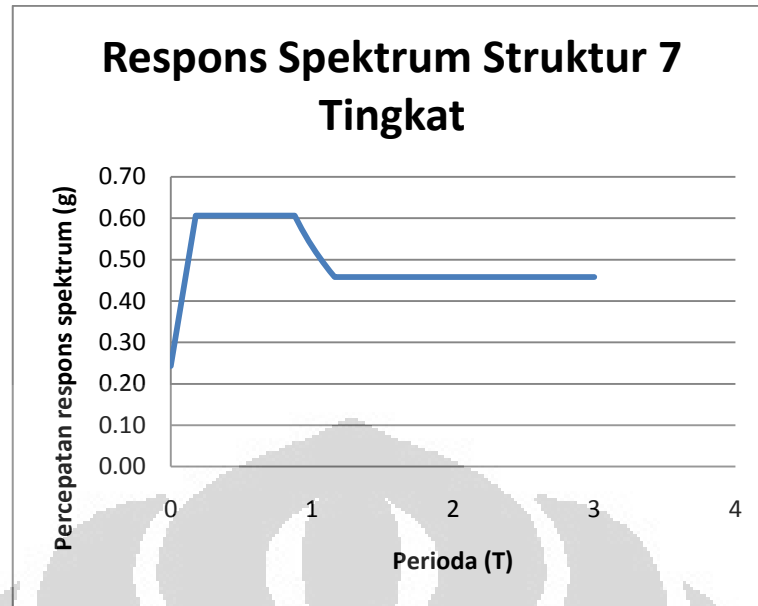
Gambar 3. 6 Respons Spektrum Struktur 4 Tingkat



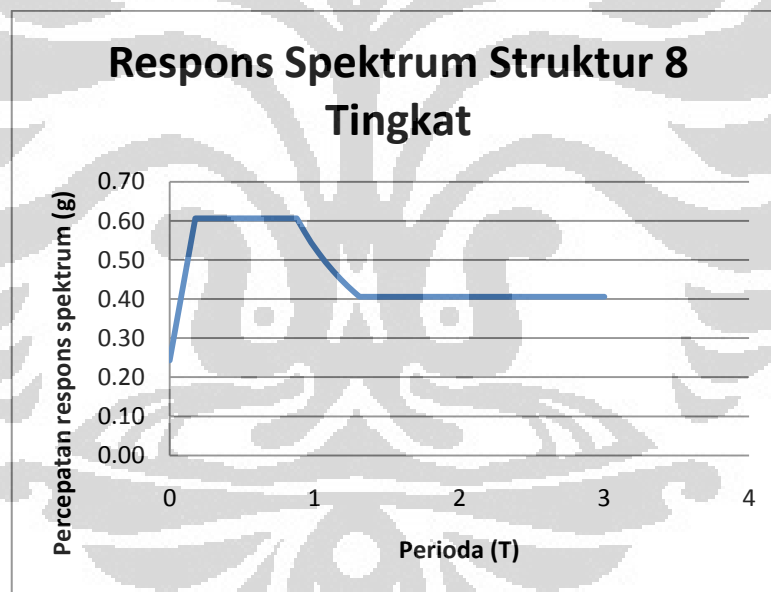
Gambar 3. 7 Respons Spektrum Struktur 5 Tingkat



Gambar 3. 8 Respons Spektrum Struktur 6 Tingkat



Gambar 3. 9 Respons Spektrum Struktur 7 Tingkat



Gambar 3. 10 Respons Spektrum Struktur 8 Tingkat

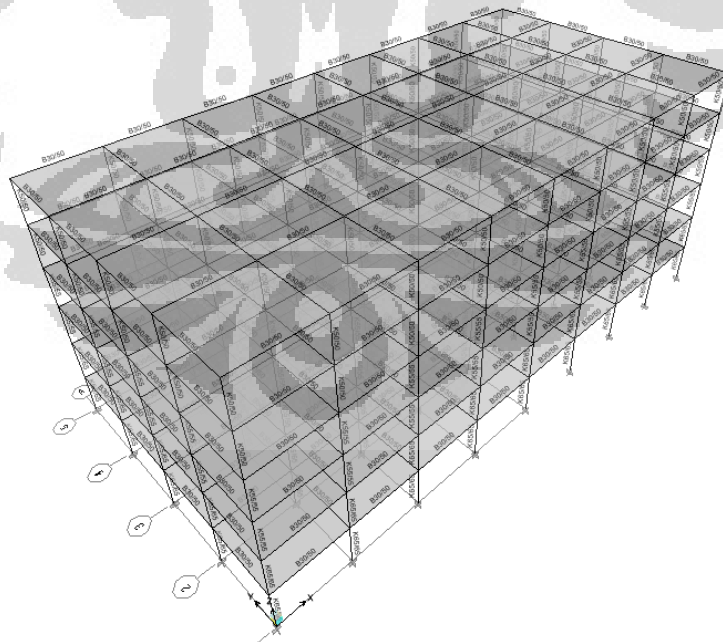
BAB 4

ANALISIS STRUKTUR BANGUNAN UMUM

Modelisasi dilakukan dengan parameter yang sudah ditentukan di bab sebelumnya dengan menggunakan bantuan program ETABS ver. 9.5.0. Hasil yang didapat kemudian akan di analisis untuk mengetahui pengaruh perubahan peraturan perencanaan gempa terhadap suatu struktur. Adapun hasil yang akan dianalisis adalah gaya geser dasar dan simpangan antar lantai.

Beban gravitasi dan beban gempa dikombinasikan dan didistribusikan pada model struktur yang dibuat di ETABS ver. 9.5.0. Oleh karena itu diperlukan pendekatan peraturan dalam menetapkan kebenaran pada perhitungan tersebut.

Perhitungan pada masing-masing modelisasi dapat diwakili dengan salah satu perhitungan yang sistimatis dimana model yang diambil yaitu modelisasi umum dengan spesifikasi urutan variasi regular denah, bentang 6 m ,rasio lebar : panjang = 1:2, jumlah bentang lebar bangunan = 4 dan jumlah lantai = 6. Dapat disingkat dengan kode **6 – 1:2 – 4 – 6**.



Gambar 4. 1 Model Struktur

4.1 Analisis Umum Gempa Dengan SNI 03-1726-2002

Analisis dilakukan dengan menggunakan peraturan “Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung” (SNI 03-2874-2002). Adapun perubahan yang penting diketahui dalam perhitungan menggunakan program analisis struktur ETABS ver. 9.5.0 yaitu faktor reduksi kekuatan (ϕ).

Modelisasi dibuat sesuai SNI 03-2874-2002, menyatakan bahwa kekakuan struktur diperlukan reduksi inersia terhadap keretakan karena beban gempa, dimana inersia balok dan kolom direduksi sebesar 30% dari penampang utuhnya.

Besarnya massa tiap-tiap lantai yang diperhitungkan dalam analisis dinamik serta pusat massa dan kekakuan, berikut ini :

Tabel 4. 1 Besar Massa, Pusat Massa Dan Pusat Kekakuan Lantai (kgf-m)

Story	MassX	MassY	XCM	YCM	XCR	YCR
STORY6	68231.79	68231.79	24	12	24	12
STORY5	78339.61	78339.61	24	12	24	12
STORY4	79212.22	79212.22	24	12	24	12
STORY3	80224.38	80224.38	24	12	24	12
STORY2	82258.8	82258.8	24	12	24	12
STORY1	84572.31	84572.31	24	12	24	12

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 5.4.3, dari hasil diatas didapat berat massa pada bangunan, dimana nilai koordinat terhadap pusat massa (center of mass) dan pusat kekakuan (center of rigidity) dari tiap lantai adalah sama, maka bangunan ini tidak mengalami eksentrisitas.

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 7.2.1, jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus mencakup partisipasi massa sekurang-kurangnya 90%. Dalam analisis dinamik yang dilakukan, digunakan 10 pola

ragam getar, dan partisipasi massa yang disumbangkan oleh masing-masing pola getar, berikut ini :

Tabel 4. 2 Partisipasi Massa (kgf-m)

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1.129638	0	77.0723	0	77.0723
2	1.083696	77.359	0	77.359	77.0723
3	1.017717	0	0	77.359	77.0723
4	0.360339	0	11.6628	77.359	88.7351
5	0.34815	11.5573	0	88.9163	88.7351
6	0.326946	0	0	88.9163	88.7351
7	0.19264	0	5.1224	88.9163	93.8575
8	0.187779	5.0779	0	93.9943	93.8575
9	0.17578	0	0	93.9943	93.8575
10	0.122048	0	2.6646	93.9943	96.5221

Dari tabel diatas terlihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 8 modes pertama untuk arah-X (SumUX-8) dan 7 modes pertama untuk arah-Y (SumUY-7), dan mode yang ke 10 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 96 % (SumUY).

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 5.8.2 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, dalam analisis dinamik yang dilakukan ini, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama dianggap efektif 100% dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurusnya, tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Dari penggunaan program ETABS ver. 9.5.0 dapat disimulasikan sesuai kombinasi yang diberikan, berikut ini :

Universitas Indonesia

Tabel 4. 3 Gaya Dinamik Pada Tiap Lantai Akibat Gempa Arah-X (kgf-m)

Story	Load	VX	VY	T	MX	MY
STORY6	SPEC1	78924.49	0	947093.9	0	0
STORY5	SPEC1	152319.8	0	1827838	0.008	278215.3
STORY4	SPEC1	211481.5	0	2537778	0.006	814962
STORY3	SPEC1	256302.1	0	3075625	0.008	1557790
STORY2	SPEC1	285317	0	3423804	0.005	2459475
STORY1	SPEC1	297379.4	0	3568553	0.006	3460059

Tabel 4. 4 Gaya Dinamik Pada Tiap Lantai Akibat Gempa Arah-Y (kgf-m)

Story	Load	VX	VY	T	MX	MY
STORY6	SPEC2	0.02	76814.57	1843550	0	0
STORY5	SPEC2	0.03	146783.9	3522812	270977	0.076
STORY4	SPEC2	0.04	202969.9	4871279	787167.1	0.048
STORY3	SPEC2	0.03	245650.3	5895607	1500156	0.077
STORY2	SPEC2	0.03	273277.3	6558655	2364170	0.064
STORY1	SPEC2	0.02	285012.7	6840305	3322278	0.036

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 7.1.3. Nilai gaya geser dasar hasil analisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama, dimana dalam hal ini gaya geser dasar nominal ialah 0,8 kali gaya geser dasar ragam pertama.

- Parameter perhitungan gaya geser dasar respons ragam pertama (V_1) yaitu :

Universitas Indonesia

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot Wt$$

- Waktu getar alami untuk struktur portal beton (didapat dari ETABS VER. 9.5.0):

$$T_1 = 1,129638 \text{ s (arah y)}$$

$$T_2 = 1,083696 \text{ s (arah x)}$$

- Koefisien gempa dasar untuk wilayah gempa 3 dan tanah lunak :
Nilai C untuk tanah lunak pada wilayah gempa 3, dan T lebih besar dari 1

detik, dapat dihitung dengan persamaan $C = \frac{0.75}{T}$, sehingga diperoleh

$$C_y = 0,6639295; C_x = 0,692076$$

- Faktor keutamaan struktur gedung difungsikan kantor :

$$I = 1,00$$

- Faktor daktilitas struktur berupa portal daktail penuh beton bertulang :

$$R = 8,5$$

- Kombinasi beban mati dan hidup tereduksi :

$$\text{Berat total bangunan (Wt)} = 480984,5959 \text{ kg}$$

$$= 4718458,886 \text{ kg}$$

- Perhitungan gaya geser dasar ragam pertama:

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot Wt$$

$$V_x = \frac{0,692076 \cdot (1,00)}{8,5} \cdot (4718458,886) = 384180,253 \text{ kg}$$

$$V_y = \frac{0,6639295 \cdot (1,00)}{8,5} \cdot (4718458,886) = 368555,7705 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar nominal :

$$V \geq 0,8 \cdot V_1$$

$$V_x = 0,8 \cdot (384180,253) = 307344,2024 \text{ kg}$$

$$V_y = 0,8 \cdot (368555,7705) = 294844,6164 \text{ kg}$$

- Distribusi gaya lateral tiap lantai:

$$F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum_{j=1}^n W_j \cdot z_j} V$$

Tabel 4. 5 Gaya Lateral Tiap Lantai (kgf-m)

Lantai	Massa	W _i	z _i	W _i · z _i	F _{ix}	V _{ix}	F _{iy}	V _{iy}
6	68231.79	669353.9	21	14056431	78263.24	78263.24	75080.3	75080.3
5	78339.61	768511.6	17.5	13448953	74880.93	153144.2	71835.55	146915.8
4	79212.22	777071.9	14	10879007	60572.01	213716.2	58108.57	205024.4
3	80224.38	787001.2	10.5	8263513	46009.49	259725.7	44138.3	249162.7
2	82258.8	806958.9	7	5648712	31450.84	291176.5	30171.74	279334.5
1	84572.31	829654.4	3.5	2903790	16167.69	307344.2	15510.16	294844.6
Total				55200406				

Tabel 4. 6 Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik Dan Dinamik

	Statik (0,8 V)	Dinamik
V _x	307344,2	297379,4
V _y	294844,6	285012,7

Karena gaya geser dasar statik lebih besar daripada gaya geser dasar dinamik, maka diperlukan faktor skala.

⊕ Faktor skala :

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 7.2.3. Gaya geser dasar nominal terhadap 80% dari gaya geser statik didapat faktor skala, dimana untuk pendekatan statiknya diperlukan *scale up* dari perhitungan dinamikny.

$$S_x = \frac{V}{V_x} = \frac{307344,2}{297379,4} = 1,0335$$

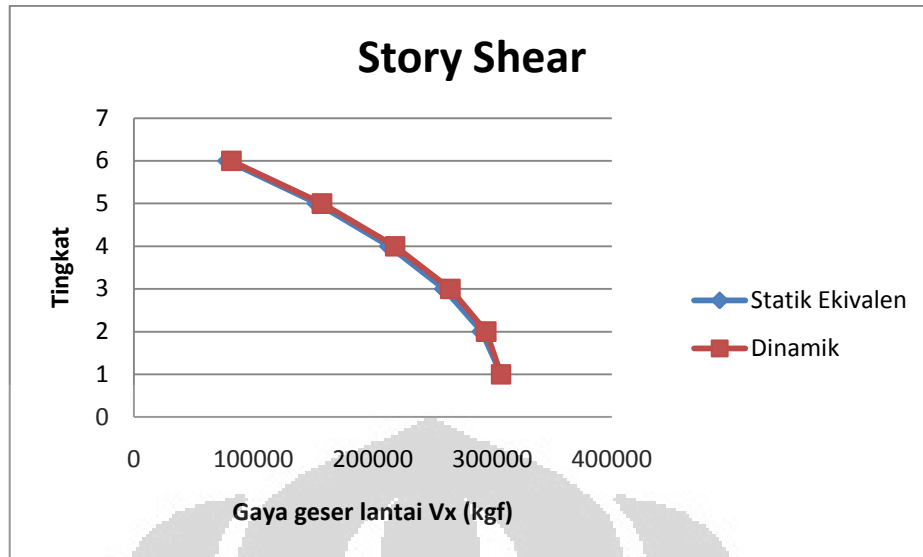
$$S_y = \frac{V}{V_y} = \frac{294844,6}{285012,7} = 1,0345$$

Tabel 4. 7 Perbandingan Gaya Geser Perhitungan Dinamik Sebelum Dan Sesudah Koreksi Tiap Lantai Arah-X (kgf-m)

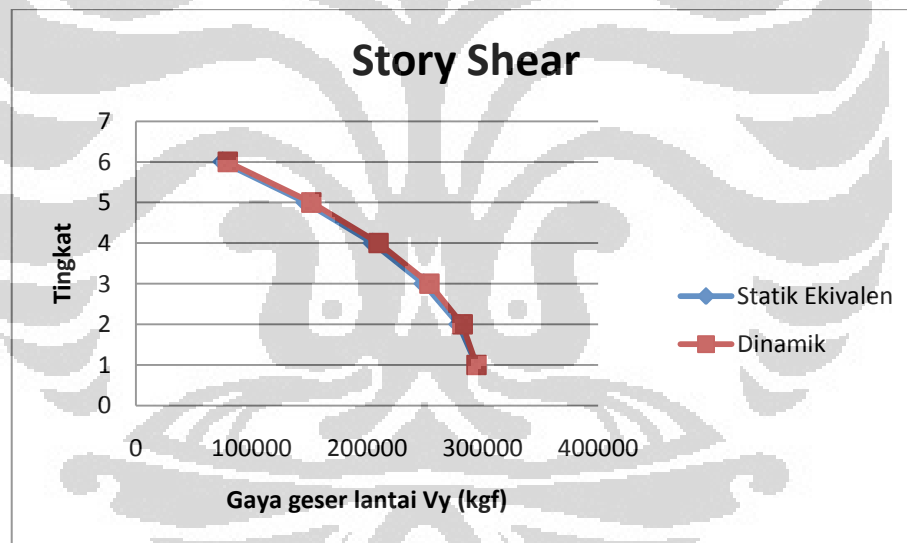
Lantai	0,8 Vi	V dinamik	V dinamik koreksi
6	78263.24	78924.49	81571.05
5	153144.2	152319.8	157427.6
4	213716.2	211481.5	218573.1
3	259725.7	256302.1	264896.6
2	291176.5	285317	294884.5
1	307344.2	297379.4	307351.4

Tabel 4. 8 Perbandingan Gaya Geser Perhitungan Dinamik Sebelum Dan Sesudah Koreksi Tiap Lantai Arah-X (kgf-m)

Lantai	0,8 Vi	V dinamik	V dinamik koreksi
6	75080.3	76814.57	79463.59
5	146915.8	146783.9	151845.8
4	205024.4	202969.9	209969.5
3	249162.7	245650.3	254121.8
2	279334.5	273277.3	282701.5
1	294844.6	285012.7	294841.6



Gambar 4. 2 Gaya Geser Lantai Arah-x



Gambar 4. 3 Gaya Geser Lantai Arah-y

Dari grafik diatas didapat nilai gaya geser dari tiap lantai struktur dan gaya geser dasar, dimana gaya geser dasar pada arah-x didapat $V_{bx} = 307351,4$ kg dan untuk arah-y didapat $V_{by} = 294841,6$ kg. Dapat dilihat pula bahwa nilai selimut gaya geser tiap lantainya lebih dominan terhadap perhitungan dinamik, ini menunjukkan bahwa nilai gaya geser dinamik lebih besar dibandingkan dengan statik.

Untuk perhitungan berikutnya bahwa nilai yang diperlukan dalam perbandingan penulisan ini ialah gaya geser dasar, sehingga nilai-nilai gaya geser lantai tidak ditampilkan untuk perhitungan model keseluruhan.

Tabel 4. 9 Displacement Pusat Massa Akibat Gempa Arah-X (kgf-m)

Story	Load	UX
STORY6	SPEC1	0.0324
STORY5	SPEC1	0.0295
STORY4	SPEC1	0.0243
STORY3	SPEC1	0.0177
STORY2	SPEC1	0.0101
STORY1	SPEC1	0.0036

Tabel 4. 10 Displacement Pusat Massa Akibat Gempa Arah-Y (kgf-m)

Story	Load	UY
STORY6	SPEC2	0.0339
STORY5	SPEC2	0.0308
STORY4	SPEC2	0.0253
STORY3	SPEC2	0.0184
STORY2	SPEC2	0.0104
STORY1	SPEC2	0.0036

Tabel 4. 11 Inter Story Drift Arah-X (kgf-m)

Story	Load	DriftX
STORY6	SPEC1	0.000862
STORY5	SPEC1	0.00151
STORY4	SPEC1	0.001909
STORY3	SPEC1	0.002179
STORY2	SPEC1	0.001874
STORY1	SPEC1	0.00102

Tabel 4. 12 Inter Story Drift Arah-Y (kgf-m)

Story	Load	DriftY
STORY6	SPEC2	0.000929
STORY5	SPEC2	0.001595
STORY4	SPEC2	0.002011
STORY3	SPEC2	0.002271
STORY2	SPEC2	0.001943
STORY1	SPEC2	0.00104

Persyaratan simpangan antar lantai :

Sesuai SNI 03-1726-2002 pasal 8.1.2, syarat kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak melampaui $0,03/R$ kali tinggi tingkat bersangkutan atau 30 mm.

$$\Delta_i < \frac{0,03}{R} \times h_i \text{ dan } \Delta_i < 30 \text{ mm}$$

$$\Delta_i < \frac{0,03}{8,5} \times 3500 \rightarrow \Delta_i < 12,35 \text{ mm}$$

$$\Delta_i = 0,002271 \times 3500 = 7,9485 \text{ mm} \leq 12,35 \text{ mm} \quad \text{Memenuhi}$$

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 6.2.1. Untuk struktur beraturan dalam arah utama ditentukan dengan rumusan Rayleigh, dimana diperlukan pengecekan perhitungan yang diberikan oleh perhitungan 3 dimensi getaran bebas program ETABS VER. 9.5.0 berupa waktu getar dan diharapkan tidak menyimpang 20% dari rumusan rayleigh, berikut :

$$T_{rayleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}}$$

Dimana,
 $g = 9,81 \text{ m/det}^2$
 $W_i = \text{Berat beban lantai}$
 $F_i = \text{Gaya gempa pada lantai-i}$
 $d_i = \text{Simpangan pada lantai-i}$

Tabel 4. 13 Perhitungan Waktu Getar Rayleigh (kgf-m)

Lantai	di	Wi	Fi	Wi x di	Fi x di
6	0.0339	669353.9	75080.3	769.2282	2545.222
5	0.0308	768511.6	71835.55	729.0408	2212.535
4	0.0253	777071.9	58108.57	497.396	1470.147
3	0.0184	787001.2	44138.3	266.4471	812.1447
2	0.0104	806958.9	30171.74	87.28067	313.7861
1	0.0036	829654.4	15510.16	10.75232	55.83658
Jumlah		4638552	294844.6	2360.145	7409.671

$$T_{rayleigh} = 6,3 \sqrt{\frac{(2360.145)}{9,81 \cdot (7409.671)}} = 1.1352 \text{ detik}$$

Sesuai pernyataan penjelasan waktu getar alami perhitungan rumus rayleigh diatas, apabila periode getaran bebas yang didapat dari hasil perhitungan

3 dimensi dengan menggunakan program ETABS VER. 9.5.0 tidak memenuhi syarat, maka beban gempa harus dihitung kembali.

$$0,8.T_{rayleigh} \leq T \leq 1,2.T_{rayleigh}$$

$$0.9082 \leq 1.1296 \leq 1,3623$$

Memenuhi

Dari hasil rumusan waktu getar rayleigh, didapat nilai waktu getar **1,1352 detik** sedangkan yang didapat dari analisis 3 dimensi menggunakan program ETABS VER. 9.5.0 didapat **1,1296 detik**, dimana nilai tersebut masuk dalam batasan $\pm 20\% T_{rayleigh}$. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa perhitungan ini *memenuhi persyaratan perhitungan*.

Sesuai SNI 03-1726-2002 Pasal 5.6. Mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel, maka nilai waktu getar alami fundamental dibatasi, berikut :

$$T_1 < \zeta \cdot n \quad \text{dimana :} \quad \zeta = 0,18 \text{ (wilayah gempa 3)}$$

$$n = \text{Jumlah tingkat}$$

$$1,1296 < 0,18 \cdot (6) = 1,08 \text{ detik}$$

Tidak Memenuhi

Maka struktur ini fleksibel.

4.2 Analisis Umum Gempa dengan SNI 03-1726-2011

Besarnya massa tiap-tiap lantai yang diperhitungkan dalam analisis dinamik serta pusat massa dan kekakuan, berikut ini :

Tabel 4. 14 Besar Massa, Pusat Massa Dan Pusat Kekakuan Lantai (kgf-m)

Story	MassX	MassY	XCM	YCM	XCR	YCR
STORY6	68231.79	68231.79	24	12	24	12
STORY5	78339.61	78339.61	24	12	24	12
STORY4	79212.22	79212.22	24	12	24	12
STORY3	80224.38	80224.38	24	12	24	12
STORY2	82258.8	82258.8	24	12	24	12
STORY1	84572.31	84572.31	24	12	24	12

Universitas Indonesia

Dari hasil di atas didapat berat massa pada bangunan, dimana nilai koordinat terhadap pusat massa (center of mass) dan pusat kekakuan (center of rigidity) dari tiap lantai adalah sama, maka bangunan ini tidak mengalami eksentrisitas.

Sesuai SNI 03-1726-2011 Pasal 7.9.1, jumlah pola getar yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam harus mencakup partisipasi massa sekurang-kurangnya 90%. Dalam analisis dinamik yang dilakukan, digunakan 10 pola ragam getar, dan partisipasi massa yang disumbangkan oleh masing-masing pola getar, berikut ini :

Tabel 4. 15 Partisipasi Massa (kgf-m)

Mode	Period	UX	UY	SumUX	SumUY
1	1.129638	0	77.0723	0	77.0723
2	1.083696	77.359	0	77.359	77.0723
3	1.017717	0	0	77.359	77.0723
4	0.360339	0	11.6628	77.359	88.7351
5	0.34815	11.5573	0	88.9163	88.7351
6	0.326946	0	0	88.9163	88.7351
7	0.19264	0	5.1224	88.9163	93.8575
8	0.187779	5.0779	0	93.9943	93.8575
9	0.17578	0	0	93.9943	93.8575
10	0.122048	0	2.6646	93.9943	96.5221

Dari tabel diatas terlihat bahwa 90% massa sudah tercakup dalam 8 modes pertama untuk arah-X (SumUX-8) dan 7 modes pertama untuk arah-Y (SumUY-7), dan mode yang ke 10 dapat dilihat bahwa persentase massa mencapai 96 % (SumUY).

Universitas Indonesia

Sesuai SNI 03-1726-2011 Pasal 7.5.4 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, dalam analisis dinamik yang dilakukan ini, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama dianggap efektif 100% dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus nya, tetapi dengan efektifitas hanya 30%. Dari penggunaan program ETABS VER. 9.5.0 dapat disimulasikan sesuai kombinasi yang diberikan, berikut ini :

Tabel 4. 16 Gaya Dinamik Pada Tiap Lantai Akibat Gempa Arah-X (kgf-m)

Story	Load	VX	VY	T	MX	MY
STORY6	SPEC1	64528.48	0	774341.7	0	0
STORY5	SPEC1	123481.7	0	1481780	0.006	227457
STORY4	SPEC1	170870.1	0	2050441	0.005	662045.9
STORY3	SPEC1	206867.4	0	2482408	0.006	1260674
STORY2	SPEC1	230482.2	0	2765786	0.004	1986462
STORY1	SPEC1	240504.4	0	2886052	0.005	2792269

Tabel 4. 17 Gaya dinamik pada tiap lantai akibat gempa arah-y (kgf-m)

Story	Load	VX	VY	T	MX	MY
STORY6	SPEC2	0.02	64961.73	1559082	0	0
STORY5	SPEC2	0.03	123643.5	2967443	229157.1	0.064
STORY4	SPEC2	0.03	170750.1	4098004	663523	0.041
STORY3	SPEC2	0.03	206587.7	4958104	1262671	0.066
STORY2	SPEC2	0.02	229871.7	5516920	1988491	0.054
STORY1	SPEC2	0.01	239879.5	5757108	2793501	0.031

Sesuai SNI 03-1726-2011 Pasal 7.9.4.1 Nilai gaya geser dasar hasil analisis struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama, dimana dalam hal ini gaya geser dasar nominal ialah 0,85 kali gaya geser dasar ragam pertama.

- Untuk struktur dengan bentang kolom 8 m, rasio P:L = 1:2, dan jumlah tingkat 4 buah, dari ETABS ver. 9.5.0 di dapat data sebagai berikut:

- Peroda struktur komputer (T_c)

$$T_1 = 1,129638 \text{ s (arah y)}$$

$$T_2 = 1,083696 \text{ s (arah x)}$$

- Massa total bangunan = 480984,5959 kg

- Pengecekan perioda struktur

Syarat penentuan perioda struktur:

a. $T_c > C_u T_a \rightarrow$ gunakan $T = C_u T_a$

b. $T_a < T_c < C_u T_a \rightarrow$ gunakan $T = T_c$

c. $T_c < T_a \rightarrow$ gunakan $T = T_a$

Rangka beton pemikul momen $\rightarrow C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$

$$T_a = C_t h_n^x = 0,0466 x (6 x 3,5)^{0,9} = 0,7217$$

Percepatan $S_{D1} = 0,532 \geq 0,4 \rightarrow C_u = 1,4$

$$C_u T_a = 1,4 x 0,7217 = 1,01044 \text{ s}$$

\rightarrow Syarat a terpenuhi, maka T yang digunakan adalah 1,0144 s.

- Perhitungan koefisien respons seismik, C_s

Untuk wilayah Jakarta dengan kondisi tanah lunak (Kelas situs SE), memiliki data sebagai berikut:

- Parameter respons spektral percepatan gempa

$$S_s = 0,65 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,275 \text{ g}$$

- Parameter percepatan spektral disain

$$S_{DS} = 0,6067 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 0,5317 \text{ g}$$

- Rangka beton bertulang pemikul momen khusus $\rightarrow R = 8$

- Bangunan Kategori Risiko I $\rightarrow I = 1$

- Menghitung koefisien respons seismik

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$$

Syarat penentuan C_s

$$\text{a. } T < T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{DS}}{R/I}$$

$$\text{b. } T > T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I)}$$

Karena $T > T_s$, maka gunakan rumus b, sehingga di dapat nilai C_s sebagai berikut:

$$C_s = \frac{0,5317g}{1,01044\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0658g$$

- Perhitungan gaya geser dasar respons ragam pertama (V_1) yaitu :

$$V_1 = C_s \times W_t = 0,0658g \times 480984,5959 = 310474,595 \text{ kg}$$

- Gaya geser dasar nominal :

$$V \geq 0,85.V_1$$

$$V_x = V_y = 0,85.(310474,595) = 263903,406 \text{ kg}$$

- Gaya lateral tiap lantai (SNI 03-1726-2011 Pasal 7.8.3):

$$F_x = C_{vx} V$$

dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Tabel 4. 18 Gaya Lateral Tiap Lantai (kgf-m) Arah X dan Y

Lantai	Massa	w_i	h_i	$w_i h_i^{kx}$	C_{vx}	F_{ix}	V_{ix}
6	68231.8	669354	21	34174224.3	0.2866033	75635.6	75635.6
5	78339.6	768512	17.5	31003231.8	0.2600096	68617.4	144253.0
4	79212.2	777072	14	23497919.7	0.1970661	52006.4	196259.4
3	80224.4	787001	10.5	16411479.7	0.1376354	36322.5	232581.9
2	82258.8	806959	7	9966646.18	0.0835856	22058.5	254640.4
1	84572.3	829654	3.5	4185277.88	0.0351	9263.01	263903.4
			Total	119238780			

Tabel 4. 19 Perbandingan Gaya Geser Dasar Statik Dan Dinamik

	Statik (0,85 V₁)	Dinamik
V _x	263903,406	240504,4
V _y	263903,406	239879,5

Karena gaya geser dasar statik lebih besar daripada gaya geser dasar dinamik, maka diperlukan faktor skala.

- Faktor skala :

Sesuai SNI 03-1726-2011 Pasal 7.9.4. Gaya geser dasar nominal terhadap 85% dari gaya geser statik didapat faktor skala, dimana untuk pendekatan statiknya diperlukan *scale up* dari perhitungan dinamikny.

$$S_x = \frac{0,85V_1}{V_x} = \frac{263903,406}{240504,4} = 1,097$$

$$S_y = \frac{0,85V_1}{V_y} = \frac{263903,406}{239879,5} = 1,100$$

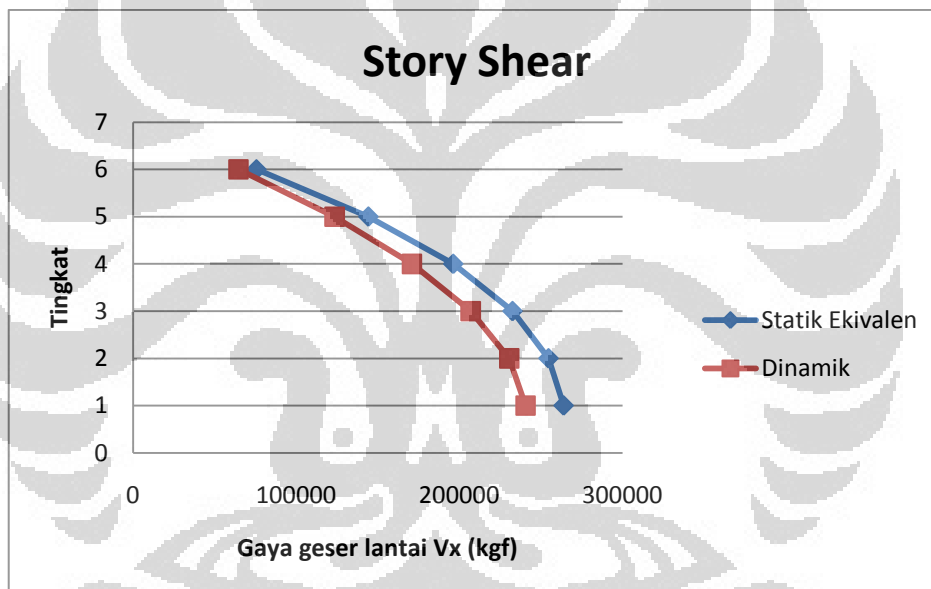
Tabel 4. 20 Rasio Skala Gaya Geser Tiap Lantai Arah-X (kgf-m)

Lantai	0,85 V_i	V dinamik	V dinamik koreksi
6	75635.6	64528.48	75635.6
5	144253.0	123481.7	144253.0
4	196259.4	170870.1	196259.4
3	232581.9	206867.4	232581.9
2	254640.4	230482.2	254640.4
1	263903.4	240504.4	263903.4

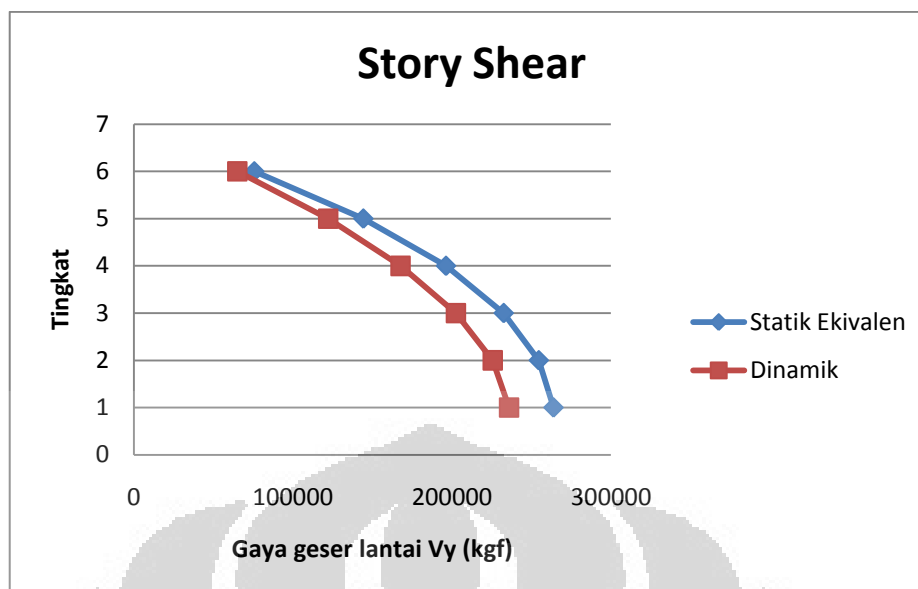
Tabel 4. 21 Rasio Skala Gaya Geser Tiap Lantai Arah-Y (kgf-m)

Lantai	0,85 V_i	V dinamik	V dinamik koreksi
---------------	---------------------------	------------------	--------------------------

6	75635.6	64961.73	75635.6
5	144253.0	123643.5	144253.0
4	196259.4	170750.1	196259.4
3	232581.9	206587.7	232581.9
2	254640.4	229871.7	254640.4
1	263903.4	239879.5	263903.4



Gambar 4. 4 Gaya Geser Lantai Arah-x



Gambar 4. 5 Gaya Geser Lantai Arah-Y

Dari grafik diatas didapat nilai gaya geser dari tiap lantai struktur dan gaya geser dasar, dimana gaya geser dasar pada arah-x didapat 263903.4 kg dan untuk arah-y didapat 263903.4 kg. Dapat dilihat pula bahwa nilai selimut gaya geser tiap lantainya lebih dominan terhadap perhitungan statik ekuivalen, ini menunjukkan bahwa nilai gaya geser statik ekuivalen lebih besar dibandingkan dengan gaya geser dinamik.

Untuk perhitungan berikutnya bahwa nilai yang diperlukan dalam perbandingan penulisan ini ialah gaya geser dasar, sehingga nilai-nilai gaya geser lantai tidak ditampilkan untuk perhitungan model keseluruhan.

Tabel 4. 22 Inter Story Drift Arah-X (kgf-m)

Story	Load	DriftX
STORY6	SPEC1	0.000678
STORY5	SPEC1	0.001183
STORY4	SPEC1	0.001492

STORY3	SPEC1	0.001701
STORY2	SPEC1	0.001464
STORY1	SPEC1	0.000797

Tabel 4. 23 Inter Story Drift Arah-Y (kgf-m)

Story	Load	DriftY
STORY6	SPEC2	0.000757
STORY5	SPEC2	0.001298
STORY4	SPEC2	0.001635
STORY3	SPEC2	0.001846
STORY2	SPEC2	0.001579
STORY1	SPEC2	0.000846

- Persyaratan simpangan antar lantai :

Sesuai SNI 03-1726-2011 Pasal 7.12.1. Syarat kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak melampaui $0,025 \times h_{sx}$ (tinggi tingkat di bawah tingkat yang bersangkutan)

$$\Delta_i < 0,025 \times h_{sx}$$

$$\Delta_i < 0,025 \times 3500 \rightarrow \Delta_i < 87,5 \text{ mm}$$

$$\Delta_i = 0,001846 \times 3500 = 6,461 \text{ mm} \leq 87,5 \text{ mm}$$

Memenuhi

4.3 Rangkuman Analisis Gempa Umum

Seperti salah satu contoh macam modelisasi analisis gempa dinamik yang sistimatis dari peraturan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2011 yang telah dibahas pada bagian sebelumnya. Kemudian dapat dirangkum dan diperiksa dari seluruh modelisasi. Dari hasil yang didapat akan memperlihatkan pola hubungan

Universitas Indonesia

gaya geser dasar bangunan terhadap variasi dimensi bangunan yang diberikan, serta pemeriksaan periode getar dari struktur yang terkoreksi. Pada perhitungan analisis gempa dengan menggunakan SNI 03-1726-1989 merupakan model yang dianggap sebagai perhitungan bangunan existing yang diberikan parameter secara ideal dan memenuhi peraturan gempa tersebut.

4.3.1 Rangkuman Gaya Gempa Struktur

Berikut ini adalah perbandingan gaya geser dasar SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-2011 dari struktur yang didapat dengan bantuan program ETABS VER. 9.5.0:

Tabel 4. 24 Perbandingan Gaya Geser Dasar SNI'89, SNI'02 & SNI'11

KODE MODELISASI	Massa	Tx	Ty	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002		SNI 03-1726-2011	
				Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)
4.8 - 1:1 - 5 - 3	1094569.63	0.678	0.678	45995.4	45995.4	81501.7	81501.7	70058.1	70058.1
4.8 - 1:1 - 5 - 4	1468072.08	0.918	0.918	60910	60919.3	107968.8	107960.3	92814.76	92806.6
4.8 - 1:1 - 5 - 5	1865855.14	1.094	1.094	74263	74276.8	120748.9	120709.8	113274.8	113235.5
4.8 - 1:1 - 5 - 6	2290944.83	1.253	1.253	83287.9	83332.8	127360.1	127430.9	118475.3	118539.1
4.8 - 1:1 - 5 - 7	2694779.99	1.449	1.449	86466.3	86564.9	126858.3	126729.6	118567.5	118450.6
4.8 - 1:1 - 5 - 8	3128947.87	1.624	1.624	89316.1	89464.9	129448.8	129762.4	120150	120400.2
4.8 - 1:2 - 5 - 3	2149079.93	0.684	0.703	90766	90441	160802.9	160264.4	138218.8	137756.7
4.8 - 1:2 - 5 - 4	2882731.72	0.923	0.952	120138	119757.5	212900.4	212264.9	183016.2	182474.4
4.8 - 1:2 - 5 - 5	3660777.85	1.098	1.135	146288.8	144174.4	236950.1	229370.7	223034	222537.6
4.8 - 1:2 - 5 - 6	4488766.06	1.254	1.299	163886.2	160230.1	250344.5	241271.5	233059.3	232614.1
4.8 - 1:2 - 5 - 7	5277907.74	1.449	1.502	170000.1	165393	249080.4	240492.3	232892.8	232717.7
4.8 - 1:2 - 5 - 8	6122539.31	1.623	1.684	175604	169786.6	254446.5	246105.6	236093	236061.2
4.8 - 1:3 - 5 - 3	3203590.23	0.686	0.712	135545.5	134886.7	240118	239027.6	206394.3	205458.4
4.8 - 1:3 - 5 - 4	4297391.35	0.925	0.964	179376.4	178593.6	317856.5	316559.8	273250.7	272143.9
4.8 - 1:3 - 5 - 5	5455700.55	1.099	1.149	218589	213646.9	353187.1	337809.6	332826.7	331787.2
4.8 - 1:3 - 5 - 6	6686587.29	1.255	1.316	244270.6	236773.4	373330.7	355427.6	347656.1	346679.3
4.8 - 1:3 - 5 - 7	7861035.48	1.449	1.521	253536.7	244047.8	371443	354325.8	347359.4	346823

KODE MODELISASI	Massa	Tx	Ty	SNI 03-1726- 1989		SNI 03-1726- 2002		SNI 03-1726- 2011	
				Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)
4.8 - 1:3 - 5 - 8	9116130.75	1.623	1.706	261890.4	249908.8	379443.2	362273.2	352044.2	351719.8
6 - 1:1 - 4 - 3	1126694.59	0.633	0.633	47687.6	47687.6	84391	84391	72558.8	72558.8
6 - 1:1 - 4 - 4	1529428.00	0.800	0.800	61901.1	61899.3	109756.5	109742.7	94354.88	94337.74
6 - 1:1 - 4 - 5	1944574.89	0.955	0.955	74889.2	74816	132842.9	132821.4	114215.8	114195
6 - 1:1 - 4 - 6	2423695.47	1.083	1.083	92408.1	92413.2	152038.8	152061.9	122903.7	122927.3
6 - 1:1 - 4 - 7	2914373.94	1.227	1.227	103512.5	103519.6	160599.5	160540.6	128188.9	128122.5
6 - 1:1 - 4 - 8	3415559.58	1.358	1.358	110163	110310.2	165595.3	165824.7	129975.7	130220.9
6 - 1:2 - 4 - 3	2203864.36	0.640	0.661	93811.3	93420.4	166006.9	165378	142701.7	142156.7
6 - 1:2 - 4 - 4	2988974.28	0.805	0.836	121562.1	121199.6	215502.4	214855.8	185250.2	184702.3
6 - 1:2 - 4 - 5	3796356.41	0.959	0.997	146838.9	146487.8	260609.5	259949.5	224058.2	223521.3
6 - 1:2 - 4 - 6	4718458.89	1.084	1.130	180880.7	177921	297379.4	285012.7	240504.4	239879.5
6 - 1:2 - 4 - 7	5661365.57	1.225	1.279	202335	196813.4	314077.4	300461.1	250193.6	249622.1
6 - 1:2 - 4 - 8	6623185.16	1.355	1.415	215283.3	208500.6	323797	309884.9	253566.8	253158.8
6 - 1:3 - 4 - 3	3281034.13	0.642	0.672	140151	139335.1	247643.5	246341.5	212871.1	211752.1
6 - 1:3 - 4 - 4	4448520.56	0.807	0.849	181249.3	180475.3	321287	319946	276195.5	275056
6 - 1:3 - 4 - 5	5648137.93	0.961	1.013	218873.1	218085.7	388427	382618.7	333947.9	332772.5
6 - 1:3 - 4 - 6	7013222.31	1.084	1.147	269386.8	262615.4	442730.1	417850.1	358134.9	356790
6 - 1:3 - 4 - 7	8408357.20	1.224	1.299	301296.2	289836	467627.3	439733.5	372314	370994.9
6 - 1:3 - 4 - 8	9830810.75	1.354	1.437	320403.2	306439.5	481989.4	454117.7	377193.5	376077.7
8 - 1:1 - 3 - 3	1237054.15	0.523	0.523	51591.6	51591.6	91068.8	91068.8	78375.02	78375.02
8 - 1:1 - 3 - 4	1690022.06	0.655	0.655	66614.7	66668.4	118257	118270.3	101655.5	101668
8 - 1:1 - 3 - 5	2145679.78	0.796	0.796	81699.6	81611.8	145037.6	144975.6	124683.3	124640.1
8 - 1:1 - 3 - 6	2655345.60	0.930	0.930	100435.3	100465.1	178409.7	178445.7	144845.4	144881.2
8 - 1:1 - 3 - 7	3121349.61	1.101	1.101	118282.2	118231.9	192045.1	191947.8	145490.2	145384.1
8 - 1:1 - 3 - 8	3632773.43	1.229	1.229	126472.5	126616.2	196344.4	196528.1	148673.6	148874.9
8 - 1:2 - 3 - 3	2396208.70	0.528	0.552	100673.6	100126.3	177703.4	176830.2	152928.5	152198.5
8 - 1:2 - 3 - 4	3267810.68	0.658	0.690	129671.4	129201.8	230148.9	229231.6	197837.7	197057.6
8 - 1:2 - 3 - 5	4144119.81	0.798	0.838	158779.8	158177.3	282025.5	280835.3	242458.3	241463.2
8 - 1:2 - 3 - 6	5114381.15	0.930	0.979	194872.4	194056.3	346139.8	344617.3	281081.2	266277.9
8 - 1:2 - 3 - 7	6008702.64	1.098	1.159	229418.2	222511.9	373204.7	353323.7	282553.7	267223.5
8 - 1:2 - 3 - 8	6982134.14	1.225	1.293	245379.2	236782.8	381498.6	360449	288814.8	273486.8
8 - 1:3 - 3 - 3	3555363.25	0.530	0.563	149778.2	148661	264370.5	262597.8	227519	226037.7
8 - 1:3 - 3 - 4	4845599.30	0.660	0.704	192751.4	191729.3	342078.8	340177.5	294053	292432.8

KODE MODELISASI	Massa	Tx	Ty	SNI 03-1726- 1989		SNI 03-1726- 2002		SNI 03-1726- 2011	
				Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)
8 - 1:3 - 3 - 5	6142559.85	0.799	0.855	235970.7	234654.8	419109	416635.3	360308.1	358212.7
8 - 1:3 - 3 - 6	7573416.71	0.930	0.998	289347.7	287600.8	513912.7	510764.4	417332	387529.6
8 - 1:3 - 3 - 7	8896055.67	1.097	1.181	340625.1	326380.9	554479.4	513640.6	419714.2	395281
8 - 1:3 - 3 - 8	10331494.85	1.223	1.318	364287.1	346562	566630.3	524478.4	428940.7	400424.9

4.3.2 Pemeriksaan Struktur

4.3.2.1 Pemeriksaan Gaya Geser Dasar

Gaya geser dasar hasil analisis dinamik (V) harus dievaluasi berdasarkan perhitungan gaya geser ragam pertamanya (V_1), dengan syarat $V \geq 0,8 V_1$ untuk SNI'02, dan $V \geq 0,85V_1$ untuk SNI'11, di mana jika tidak memenuhi syarat tersebut, maka gaya gempa harus dikalikan scale up faktor sebesar $0,8V_1/V_b$ untuk SNI'02 dan $0,85V_1/V_b$ untuk SNI'11. Berikut ini adalah tabel perbandingan gaya geser dinamik dengan gaya geser dasar statik beserta scale up faktornya (suf):

Tabel 4. 25 Perbandingan Gaya Geser Dasar Dinamik Dan Gaya Geser Dasar Statik

KODE MODELISASI	SNI 03-1726-2002						SNI 03-1726-2011					
	Vb _x dinamik (kg)	0,8 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,8 Vb _y statik (kg)	suf	Vb _x dinamik (kg)	0,85 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,85 Vb _y statik (kg)	Suf
4.8 - 1 : 1 - 5 - 3	81501.66	77263.74	1	81501.66	77263.74	1	70058.10	70554.13	1.01	70058.10	70554.13	1.01
4.8 - 1 : 1 - 5 - 4	107968.8	103628.62	1	107960.33	103628.62	1	92814.76	94629.48	1.02	92806.60	94629.48	1.02
4.8 - 1 : 1 - 5 - 5	120748.86	120344.38	1	120709.84	120344.38	1	113274.83	120269.91	1.06	113235.54	120269.91	1.06
4.8 - 1 : 1 - 5 - 6	127360.1	129012.86	1.01	127430.86	129012.86	1.01	118475.26	128077.16	1.08	118539.11	128077.16	1.08
4.8 - 1 : 1 - 5 - 7	126858.29	131291.98	1.03	126729.56	131291.98	1.04	118567.50	131137.91	1.11	118450.58	131137.91	1.11
4.8 - 1 : 1 - 5 - 8	129448.77	135981.61	1.05	129762.37	135981.61	1.05	120149.97	135023.86	1.12	120400.15	135023.86	1.12
4.8 - 1 : 2 - 5 - 3	160802.9	151699.76	1	160264.42	151699.76	1	138218.82	138526.11	1.00	137756.65	138526.11	1.01
4.8 - 1 : 2 - 5 - 4	212900.41	203486.94	1	212264.9	203486.94	1	183016.18	185816.08	1.02	182474.35	185816.08	1.02
4.8 - 1 : 2 - 5 - 5	236950.14	235369.63	1	229370.73	227758	1	223033.98	235967.64	1.06	222537.57	235967.64	1.06
4.8 - 1 : 2 - 5 - 6	250344.51	252597.75	1.01	241271.54	243905.2	1.01	233059.25	250948.17	1.08	232614.07	250948.17	1.08
4.8 - 1 : 2 - 5 - 7	249080.38	257061.67	1.03	240492.28	248059.9	1.03	232892.81	256842.41	1.10	232717.70	256842.41	1.10
4.8 - 1 : 2 - 5 - 8	254446.51	266211.2	1.05	246105.62	256671.74	1.04	236092.96	264206.67	1.12	236061.17	264206.67	1.12
4.8 - 1 : 3 - 5 - 3	240118	226135.78	1	239027.56	226135.78	1	206394.30	206498.09	1.00	205458.40	206498.09	1.01
4.8 - 1 : 3 - 5 - 4	317856.49	303345.27	1	316559.8	303345.27	1	273250.71	277002.68	1.01	272143.87	277002.68	1.02
4.8 - 1 : 3 - 5 - 5	353187.08	350383.51	1	337809.62	335079.26	1	332826.66	351665.36	1.06	331787.24	351665.36	1.06
4.8 - 1 : 3 - 5 - 6	373330.66	376170.58	1.01	355427.6	358704.15	1.01	347656.05	373819.17	1.08	346679.29	373819.17	1.08
4.8 - 1 : 3 - 5 - 7	371442.98	382820.91	1.03	354325.84	364734.58	1.03	347359.39	382546.91	1.10	346823.01	382546.91	1.10
4.8 - 1 : 3 - 5 - 8	379443.16	396428.33	1.04	362273.15	377269.93	1.04	352044.20	393389.48	1.12	351719.77	393389.48	1.12
6 - 1 : 1 - 4 - 3	84390.98	79531.38	1	84390.98	79531.38	1	72558.80	72624.86	1.00	72558.80	72624.86	1.00

Universitas Indonesia

KODE MODELISASI	SNI 03-1726-2002						SNI 03-1726-2011					
	Vb _x dinamik (kg)	0,8 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,8 Vb _y statik (kg)	suf	Vb _x dinamik (kg)	0,85 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,85 Vb _y statik (kg)	Suf
6 - 1 : 1 - 4 - 4	109756.49	107959.62	1	109742.73	107959.62	1	94354.88	98584.38	1.04	94337.74	98584.38	1.05
6 - 1 : 1 - 4 - 5	132842.91	137264.11	1.03	132821.43	137264.11	1.03	114215.84	125344.06	1.10	114195.03	125344.06	1.10
6 - 1 : 1 - 4 - 6	152038.76	157963.47	1.04	152061.87	157963.47	1.04	122903.72	135498.69	1.10	122927.27	135498.69	1.10
6 - 1 : 1 - 4 - 7	160599.45	167616.16	1.04	160540.55	167616.16	1.04	128188.86	141824.16	1.11	128122.48	141824.16	1.11
6 - 1 : 1 - 4 - 8	165595.34	177529.72	1.07	165824.72	177529.72	1.07	129975.74	147392.05	1.13	130220.90	147392.05	1.13
6 - 1 : 2 - 4 - 3	166006.93	155566.9	1	165377.95	155566.9	1	142701.72	142057.42	1.00	142156.70	142057.42	1.00
6 - 1 : 2 - 4 - 4	215502.44	210986.42	1	214855.82	210986.42	1	185250.23	192664.30	1.04	184702.25	192664.30	1.04
6 - 1 : 2 - 4 - 5	260609.54	267978.1	1.03	259949.51	267978.1	1.03	224058.23	244706.81	1.09	223521.34	244706.81	1.09
6 - 1 : 2 - 4 - 6	297379.42	307344.21	1.03	285012.71	294844.62	1.03	240504.37	263789.33	1.10	239879.49	263789.33	1.10
6 - 1 : 2 - 4 - 7	314077.38	326206.23	1.04	300461.06	312354.31	1.04	250193.59	275502.88	1.10	249622.09	275502.88	1.10
6 - 1 : 2 - 4 - 8	323797.04	344982.02	1.07	309884.92	330311.27	1.07	253566.79	285811.10	1.13	253158.78	285811.10	1.13
6 - 1 : 3 - 4 - 3	247643.48	231602.41	1	246341.46	231602.41	1	212871.08	211489.99	1.00	211752.11	211489.99	1.00
6 - 1 : 3 - 4 - 4	321286.96	314013.22	1	319945.99	314013.22	1	276195.48	286744.22	1.04	275056.00	286744.22	1.04
6 - 1 : 3 - 4 - 5	388426.95	398692.09	1.03	382618.72	393629.62	1.03	333947.94	364069.56	1.09	332772.47	364069.56	1.09
6 - 1 : 3 - 4 - 6	442730.05	456703.01	1.03	417850.14	431570.43	1.03	358134.93	392079.97	1.09	356790.04	392079.97	1.10
6 - 1 : 3 - 4 - 7	467627.27	484766.86	1.04	439733.5	456940.93	1.04	372314.04	409181.60	1.10	370994.86	409181.60	1.10
6 - 1 : 3 - 4 - 8	481989.41	512399.88	1.06	454117.69	482946.18	1.06	377193.53	424230.15	1.12	376077.67	424230.15	1.13
8 - 1 : 1 - 3 - 3	91068.77	87321.47	1	91068.77	87321.47	1	78375.02	79738.45	1.02	78375.02	79738.45	1.02
8 - 1 : 1 - 3 - 4	118256.98	119295.68	1.01	118270.33	119295.68	1.01	101655.49	108936.01	1.07	101668.01	108936.01	1.07
8 - 1 : 1 - 3 - 5	145037.6	151459.75	1.04	144975.61	151459.75	1.04	124683.27	138306.94	1.11	124640.06	138306.94	1.11

Universitas Indonesia

KODE MODELISASI	SNI 03-1726-2002						SNI 03-1726-2011					
	Vb _x dinamik (kg)	0,8 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,8 Vb _y statik (kg)	suf	Vb _x dinamik (kg)	0,85 Vb _x statik (kg)	Suf	Vb _y dinamik (kg)	0,85 Vb _y statik (kg)	Suf
8 - 1 : 1 - 3 - 6	178409.69	187436.16	1.05	178445.65	187436.16	1.05	144845.38	161314.62	1.11	144881.16	161314.62	1.11
8 - 1 : 1 - 3 - 7	192045.1	200076.61	1.04	191947.79	200076.61	1.04	145490.20	160115.12	1.10	145384.07	160115.12	1.10
8 - 1 : 1 - 3 - 8	196344.41	208615.89	1.06	196528.07	208615.89	1.06	148673.61	166948.85	1.12	148874.89	166948.85	1.12
8 - 1 : 2 - 3 - 3	177703.42	169144.14	1	176830.18	169144.14	1	152928.47	154455.62	1.01	152198.49	154455.62	1.01
8 - 1 : 2 - 3 - 4	230148.86	230668.99	1	229231.55	230668.99	1.01	197837.74	210637.63	1.06	197057.55	210637.63	1.07
8 - 1 : 2 - 3 - 5	282025.5	292526.11	1.04	280835.3	292526.11	1.04	242458.26	267123.06	1.10	241463.19	267123.06	1.11
8 - 1 : 2 - 3 - 6	346139.77	361015.15	1.04	344617.29	361015.15	1.05	281081.18	310806.85	1.11	266277.92	295171.62	1.11
8 - 1 : 2 - 3 - 7	373204.66	386370.94	1.04	353323.73	365972.72	1.04	282553.73	309200.72	1.09	267223.45	292876.66	1.10
8 - 1 : 2 - 3 - 8	381498.6	402432.39	1.05	360448.95	381061.19	1.06	288814.84	322054.20	1.12	273486.79	304951.72	1.12
8 - 1 : 3 - 3 - 3	264370.54	250966.82	1	262597.76	250966.82	1	227518.95	229172.79	1.01	226037.65	229172.79	1.01
8 - 1 : 3 - 3 - 4	342078.75	342042.3	1	340177.49	342042.3	1.01	294052.98	312339.26	1.06	292432.79	312339.26	1.07
8 - 1 : 3 - 3 - 5	419108.99	433592.47	1.03	416635.27	433592.47	1.04	360308.05	395939.17	1.10	358212.71	395939.17	1.11
8 - 1 : 3 - 3 - 6	513912.69	534594.13	1.04	510764.44	534594.13	1.05	417331.97	460252.21	1.10	387529.62	428793.80	1.11
8 - 1 : 3 - 3 - 7	554479.44	572603.84	1.03	513640.63	531577.16	1.03	419714.21	458237.15	1.09	395281.03	432914.80	1.10
8 - 1 : 3 - 3 - 8	566630.32	596179.55	1.05	524478.37	553219.8	1.05	428940.73	477104.06	1.11	400424.94	445836.23	1.11

Universitas Indonesia

Scale up faktor yang dihasilkan pada Tabel 4.25 lalu dikalikan pada gaya geser dasar dinamik sehingga akan didapat gaya geser dasar dinamik maksimum. Berikut ini adalah tabel gaya geser dasar dinamik maksimum:

Tabel 4. 26 Gaya Geser Dasar Dinamik Maksimum

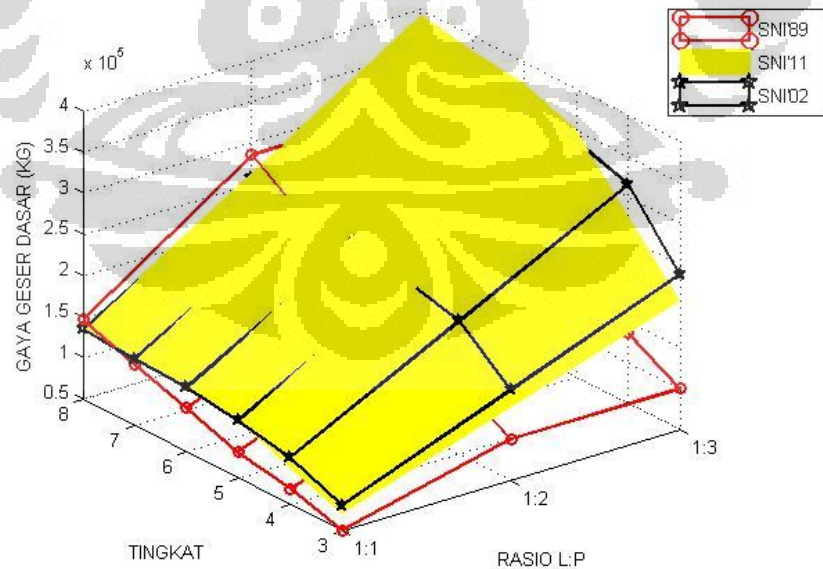
KODE MODELISASI	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002		SNI 03-1726-2011	
	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)
4.8 - 1:1 - 5 - 3	45995.4	45995.4	81501.7	81501.7	70554.13	70554.13
4.8 - 1:1 - 5 - 4	60910.0	60919.3	107968.8	107960.3	94629.48	94629.48
4.8 - 1:1 - 5 - 5	74263.0	74276.8	120748.9	120709.8	120269.9	120269.9
4.8 - 1:1 - 5 - 6	83287.9	83332.8	129015.4	129009.8	128077.2	128077.2
4.8 - 1:1 - 5 - 7	86466.3	86564.9	131288.1	131286.6	131137.9	131137.9
4.8 - 1:1 - 5 - 8	89316.1	89464.9	135976.8	135980.1	135023.9	135023.9
4.8 - 1:2 - 5 - 3	90766.0	90441.0	160802.9	160264.4	138526.1	138526.1
4.8 - 1:2 - 5 - 4	120138.0	119757.5	212900.4	212264.9	185816.1	185816.1
4.8 - 1:2 - 5 - 5	146288.8	144174.4	236950.1	229370.7	235967.6	235967.6
4.8 - 1:2 - 5 - 6	163886.2	160230.1	252600.5	243905.7	250948.2	250948.2
4.8 - 1:2 - 5 - 7	170000.1	165393.0	257065.9	248056.5	256842.4	256842.4
4.8 - 1:2 - 5 - 8	175604.0	169786.6	266219.8	256661.3	264206.7	264206.7
4.8 - 1:3 - 5 - 3	135545.5	134886.7	240118.0	239027.6	206498.1	206498.1
4.8 - 1:3 - 5 - 4	179376.4	178593.6	317856.5	316559.8	277002.7	277002.7
4.8 - 1:3 - 5 - 5	218589.0	213646.9	353187.1	337809.6	351665.4	351665.4
4.8 - 1:3 - 5 - 6	244270.6	236773.4	376177.4	358692.1	373819.2	373819.2
4.8 - 1:3 - 5 - 7	253536.7	244047.8	382836.4	364733.7	382546.9	382546.9
4.8 - 1:3 - 5 - 8	261890.4	249908.8	396441.1	377277.7	393389.5	393389.5
6 - 1:1 - 4 - 3	47687.6	47687.6	84391.0	84391.0	72624.86	72624.86
6 - 1:1 - 4 - 4	61901.1	61899.3	109756.5	109742.7	98584.38	98584.38
6 - 1:1 - 4 - 5	74889.2	74816.0	137263.0	137263.8	125344.1	125344.1
6 - 1:1 - 4 - 6	92408.1	92413.2	157967.0	157964.7	135498.7	135498.7
6 - 1:1 - 4 - 7	103512.5	103519.6	167612.9	167621.0	141824.2	141824.2
6 - 1:1 - 4 - 8	110163.0	110310.2	177533.3	177534.9	147392	147392
6 - 1:2 - 4 - 3	93811.3	93420.4	166006.9	165378.0	142701.7	142156.7
6 - 1:2 - 4 - 4	121562.1	121199.6	215502.4	214855.8	192664.3	192664.3
6 - 1:2 - 4 - 5	146838.9	146487.8	267971.1	267968.1	244706.8	244706.8
6 - 1:2 - 4 - 6	180880.7	177921.0	307351.4	294841.6	263789.3	263789.3
6 - 1:2 - 4 - 7	202335.0	196813.4	326214.9	312358.8	275502.9	275502.9
6 - 1:2 - 4 - 8	215283.3	208500.6	344979.6	330318.4	285811.1	285811.1

KODE MODELISASI	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002		SNI 03-1726-2011	
	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)	Base Shear - X (kg)	Base Shear - Y (kg)
6 - 1:3 - 4 - 3	140151.0	139335.1	247643.5	246341.5	212871.1	211752.1
6 - 1:3 - 4 - 4	181249.3	180475.3	321287.0	319946.0	286744.2	286744.2
6 - 1:3 - 4 - 5	218873.1	218085.7	398692.2	393625.6	364069.6	364069.6
6 - 1:3 - 4 - 6	269386.8	262615.4	456693.7	431572.2	392080	392080
6 - 1:3 - 4 - 7	301296.2	289836.0	484766.8	456955.6	409181.6	409181.6
6 - 1:3 - 4 - 8	320403.2	306439.5	512393.1	482960.0	424230.1	424230.1
8 - 1:1 - 3 - 3	51591.6	51591.6	91068.8	91068.8	79738.45	79738.45
8 - 1:1 - 3 - 4	66614.7	66668.4	119291.9	119295.1	108936	108936
8 - 1:1 - 3 - 5	81699.6	81611.8	151459.5	151457.5	138306.9	138306.9
8 - 1:1 - 3 - 6	100435.3	100465.1	187437.6	187429.0	161314.6	161314.6
8 - 1:1 - 3 - 7	118282.2	118231.9	200082.4	200080.8	160115.1	160115.1
8 - 1:1 - 3 - 8	126472.5	126616.2	208610.7	208618.5	166948.8	166948.8
8 - 1:2 - 3 - 3	100673.6	100126.3	177703.4	176830.2	154455.6	154455.6
8 - 1:2 - 3 - 4	129671.4	129201.8	230667.4	230661.7	210637.6	210637.6
8 - 1:2 - 3 - 5	158779.8	158177.3	292533.4	292515.5	267123.1	267123.1
8 - 1:2 - 3 - 6	194872.4	194056.3	361016.0	361010.6	310806.8	295171.6
8 - 1:2 - 3 - 7	229418.2	222511.9	386366.0	365967.7	309200.7	292876.7
8 - 1:2 - 3 - 8	245379.2	236782.8	402423.1	381062.2	322054.2	304951.7
8 - 1:3 - 3 - 3	149778.2	148661.0	264370.5	262597.8	229172.8	229172.8
8 - 1:3 - 3 - 4	192751.4	191729.3	342078.8	342034.5	312339.3	312339.3
8 - 1:3 - 3 - 5	235970.7	234654.8	433598.7	433602.6	395939.2	395939.2
8 - 1:3 - 3 - 6	289347.7	287600.8	534574.4	534574.5	460252.2	428793.8
8 - 1:3 - 3 - 7	340625.1	326380.9	572592.3	531576.5	458237.2	432914.8
8 - 1:3 - 3 - 8	364287.1	346562.0	596186.9	553199.6	477104.1	445836.2

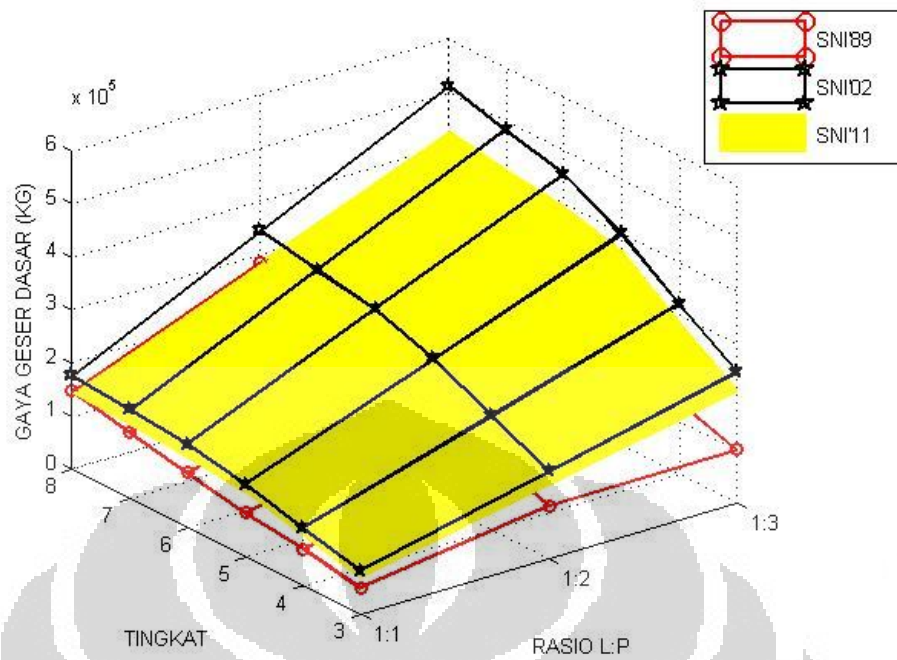
Dari data di atas selanjutnya dapat dibuat grafik 3D dengan menggunakan bantuan software MATLAB, sehingga di dapat grafik sebagai berikut:



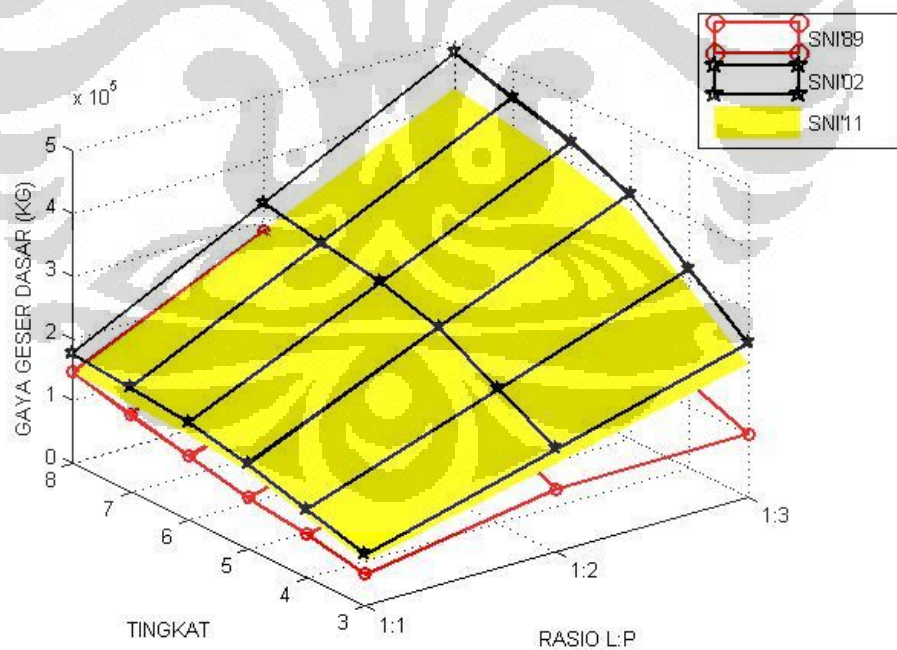
Gambar 4. 6 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-X Bentang 4,8 m



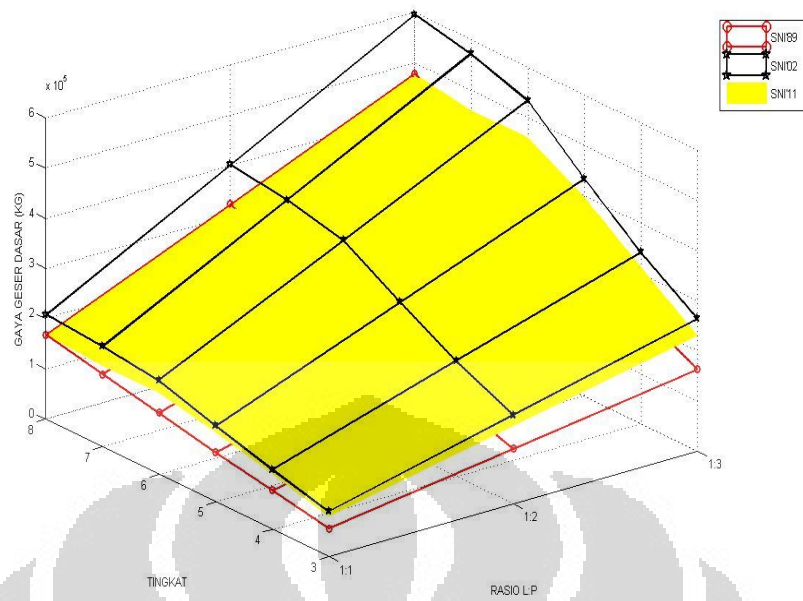
Gambar 4. 7 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-Y Bentang 4,8 m



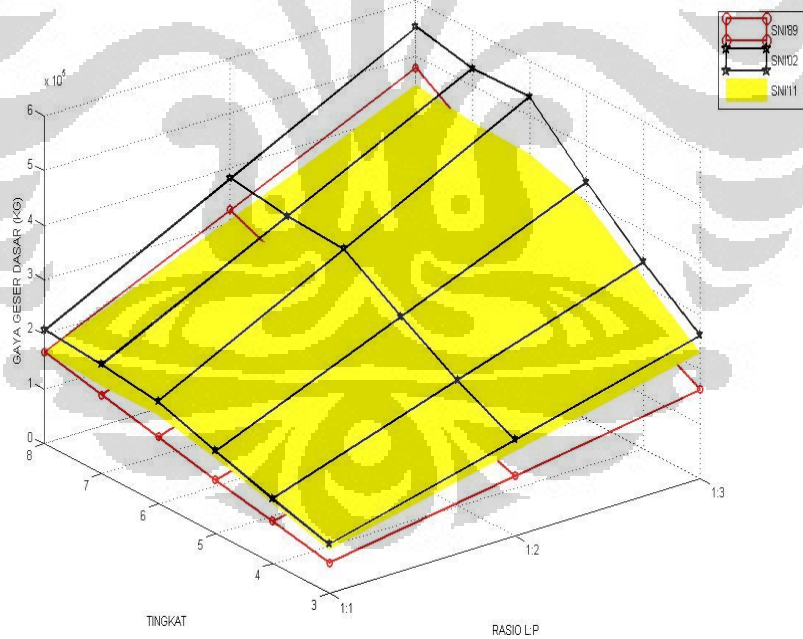
Gambar 4. 8 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-X Bentang 6 m



Gambar 4. 9 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-Y Bentang 6 m



Gambar 4. 10 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-X Bentang 8 m



Gambar 4. 11 Gaya Geser Dasar Maksimum Arah-Y Bentang 8 m

4.3.2.2 Pemeriksaan Nilai Normalisasi

Selanjutnya dilakukan normalisasi nilai, dimana nilai gaya geser modelisasi struktur yang didapat dibagi dengan berat total modelisasi struktur bersangkutan sehingga akan didapat nilai koefisien perkalian untuk gaya geser dasar. Hasil perhitungannya sebagai berikut :

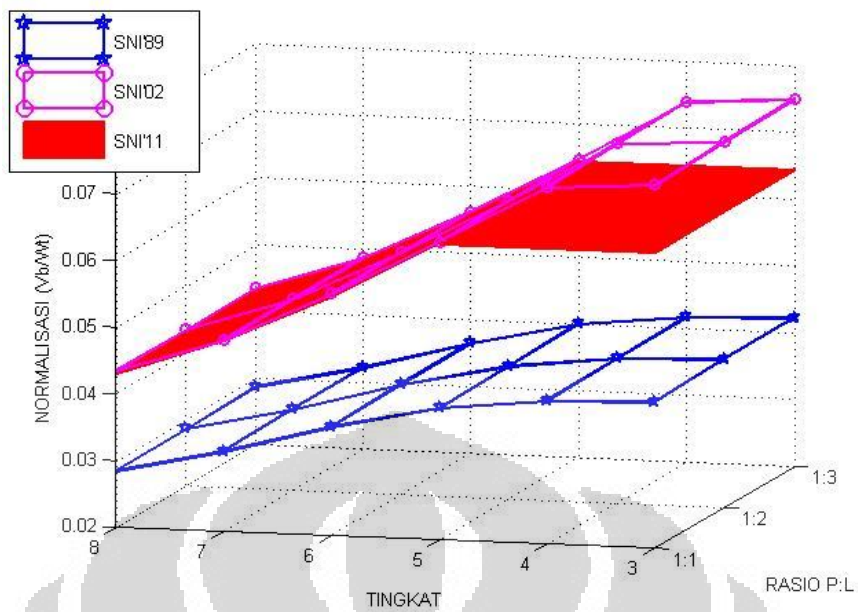
Tabel 4. 27 Perbandingan Nilai Normalisasi SNI'89, SNI'02, dan SNI'11

KODE MODELI SASI	Massa	1989		2002		2011	
		normalis asi Vx	normalis asi Vy	normalis asi Vx	normalis asi Vy	normalis asi Vx	normalis asi Vy
4.8 - 1 : 1 - 5 - 3	1094569.6	0.042	0.042	0.0745	0.0745	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 1 - 5 - 4	1468072.1	0.0415	0.0415	0.0735	0.0735	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 1 - 5 - 5	1865855.1	0.0398	0.0398	0.0647	0.0647	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 1 - 5 - 6	2290944.8	0.0364	0.0364	0.0563	0.0563	0.0559	0.0559
4.8 - 1 : 1 - 5 - 7	2694779.9	0.0321	0.0321	0.0487	0.0487	0.0487	0.0487
4.8 - 1 : 1 - 5 - 8	3128947.9	0.0285	0.0286	0.0435	0.0435	0.0432	0.0432
4.8 - 1 : 2 - 5 - 3	2149079.9	0.0222	0.0222	0.0393	0.0393	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 2 - 5 - 4	2882731.7	0.0215	0.0215	0.0381	0.0381	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 2 - 5 - 5	3660777.8	0.0205	0.0204	0.0375	0.0375	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 2 - 5 - 6	4488766	0.0206	0.0206	0.0352	0.0352	0.0559	0.0559
4.8 - 1 : 2 - 5 - 7	5277907.6	0.0196	0.0196	0.0318	0.0318	0.0487	0.0487
4.8 - 1 : 2 - 5 - 8	6122539.4	0.018	0.018	0.029	0.029	0.0432	0.0432
4.8 - 1 : 3 - 5 - 3	3203590.2	0.0161	0.0161	0.0284	0.0284	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 3 - 5 - 4	4297391.4	0.0155	0.0155	0.0278	0.0278	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 3 - 5 - 5	5455700.5	0.015	0.015	0.0278	0.0278	0.0645	0.0645
4.8 - 1 : 3 - 5 - 6	6686587.3	0.015	0.015	0.028	0.028	0.0559	0.0559
4.8 - 1 : 3 - 5 - 7	7861035.3	0.015	0.015	0.0255	0.0255	0.0487	0.0487
4.8 - 1 : 3 - 5 - 8	9116130.8	0.0139	0.0139	0.0229	0.0229	0.0432	0.0432
6 - 1 : 1 - 5 - 3	1126694.6	0.0806	0.0803	0.1427	0.1422	0.0645	0.0645
6 - 1 : 1 - 5 - 4	1529428	0.0786	0.0783	0.1392	0.1388	0.0645	0.0645
6 - 1 : 1 - 5 - 5	1944574.9	0.0752	0.0741	0.1219	0.118	0.0645	0.0645
6 - 1 : 1 - 5 - 6	2423695.5	0.0676	0.0661	0.1042	0.1006	0.0559	0.0559
6 - 1 : 1 - 5 - 7	2914373.9	0.0583	0.0568	0.0882	0.0851	0.0487	0.0487
6 - 1 : 1 - 5 - 8	3415559.5	0.0514	0.0497	0.0779	0.0751	0.0432	0.0432
6 - 1 : 2 - 5 - 3	2203864.4	0.0426	0.0424	0.0753	0.075	0.0648	0.0645
6 - 1 : 2 - 5 - 4	2988974.3	0.0407	0.0405	0.0721	0.0719	0.0645	0.0645
6 - 1 : 2 - 5 - 5	3796356.4	0.0387	0.0386	0.0706	0.0706	0.0645	0.0645
6 - 1 : 2 - 5 - 6	4718458.9	0.0383	0.0377	0.0651	0.0625	0.0559	0.0559
6 - 1 : 2 - 5 - 7	5661365.5	0.0357	0.0348	0.0576	0.0552	0.0487	0.0487
6 - 1 : 2 - 5 - 8	6623185	0.0325	0.0315	0.0521	0.0499	0.0432	0.0432

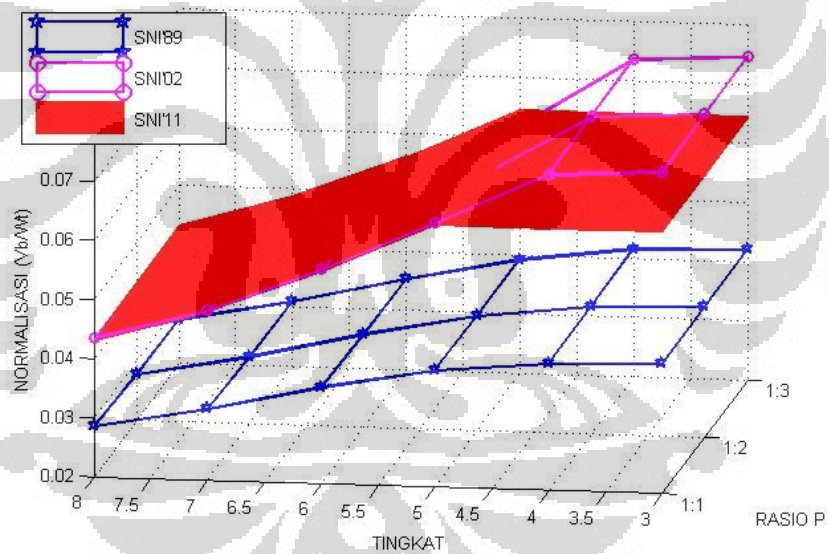
Universitas Indonesia

KODE MODELI SASI	Massa	1989		2002		2011	
		normalis asi Vx	normalis asi Vy	normalis asi Vx	normalis asi Vy	normalis asi Vx	normalis asi Vy
6-1:3-5-3	3281034.1	0.0307	0.0305	0.0542	0.0539	0.0649	0.0645
6-1:3-5-4	4448520.6	0.0291	0.029	0.0519	0.0519	0.0645	0.0645
6-1:3-5-5	5648137.9	0.0281	0.028	0.0518	0.0518	0.0645	0.0645
6-1:3-5-6	7013222.3	0.0278	0.0277	0.0515	0.0515	0.0559	0.0559
6-1:3-5-7	8408357.1	0.0273	0.0265	0.046	0.0435	0.0487	0.0487
6-1:3-5-8	9830810.6	0.025	0.0241	0.0409	0.0388	0.0432	0.0432
8-1:1-5-3	1237054.1	0.1096	0.109	0.1941	0.1932	0.0645	0.0645
8-1:1-5-4	1690022.1	0.1061	0.1057	0.1881	0.1873	0.0645	0.0645
8-1:1-5-5	2145679.8	0.1019	0.0996	0.1646	0.1574	0.0645	0.0645
8-1:1-5-6	2655345.6	0.092	0.0892	0.1417	0.1351	0.0608	0.0608
8-1:1-5-7	3121349.7	0.0812	0.0782	0.1227	0.1169	0.0513	0.0513
8-1:1-5-8	3632773.5	0.0721	0.0688	0.1091	0.1039	0.0460	0.0460
8-1:2-5-3	2396208.7	0.0585	0.0581	0.1033	0.1028	0.0645	0.0645
8-1:2-5-4	3267810.7	0.0555	0.0552	0.0983	0.0979	0.0645	0.0645
8-1:2-5-5	4144119.9	0.0528	0.0526	0.0962	0.095	0.0645	0.0645
8-1:2-5-6	5114381.2	0.0527	0.0513	0.0893	0.0844	0.0608	0.0577
8-1:2-5-7	6008702.7	0.0501	0.0482	0.0807	0.076	0.0515	0.0487
8-1:2-5-8	6982134.2	0.0459	0.0439	0.0734	0.0692	0.0461	0.0437
8-1:3-5-3	3555363.3	0.0421	0.0418	0.0744	0.0739	0.0645	0.0645
8-1:3-5-4	4845599.3	0.0398	0.0396	0.0706	0.0706	0.0645	0.0645
8-1:3-5-5	6142559.9	0.0384	0.0382	0.0706	0.0706	0.0645	0.0645
8-1:3-5-6	7573416.8	0.0382	0.038	0.0706	0.0706	0.0608	0.0566
8-1:3-5-7	8896055.8	0.0383	0.0367	0.0644	0.0598	0.0515	0.0487
8-1:3-5-8	10331495	0.0353	0.0335	0.0577	0.0535	0.0462	0.0432

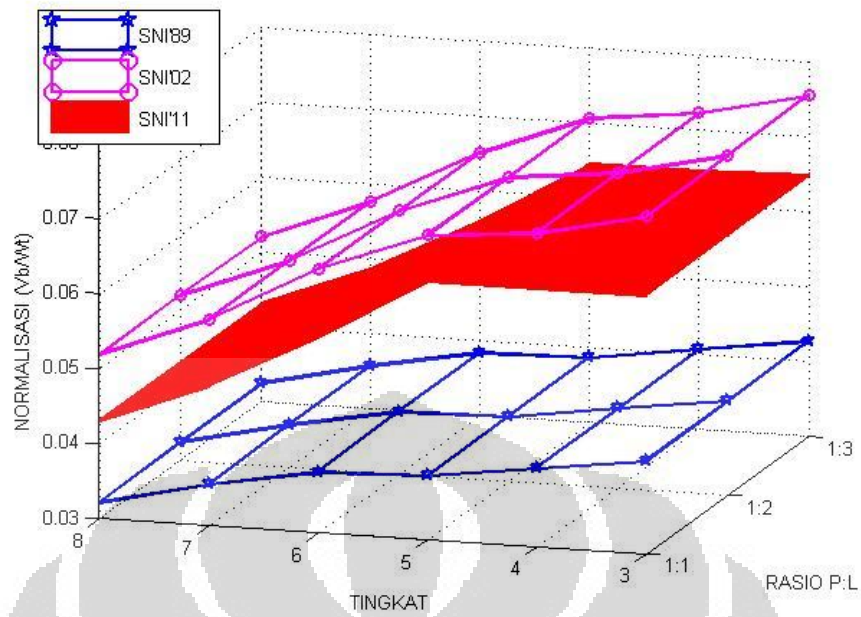
Dari data di atas selanjutnya dapat dibuat grafik 3D dengan menggunakan bantuan software MATLAB, sehingga didapat grafik sebagai berikut:



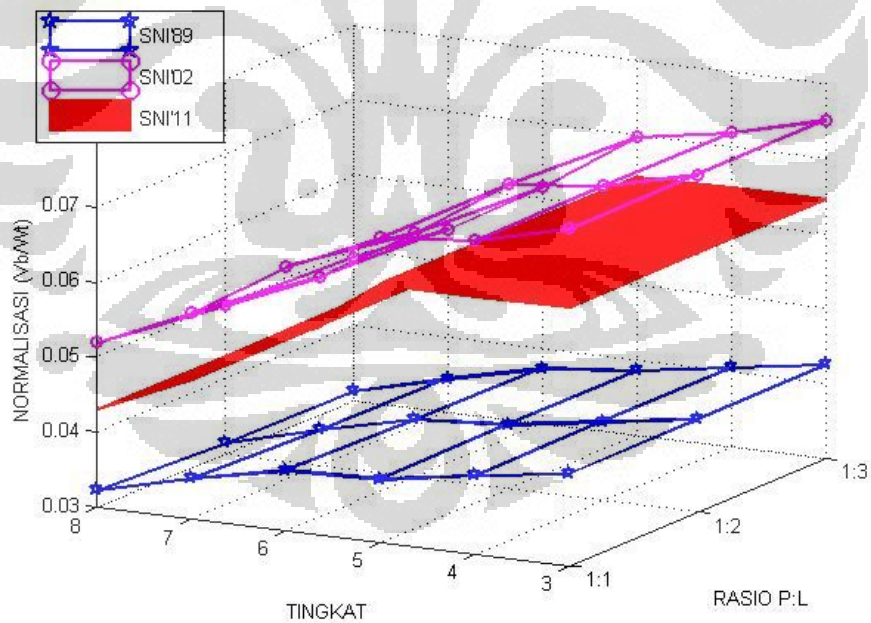
Gambar 4. 12 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 4,8 m Arah-x



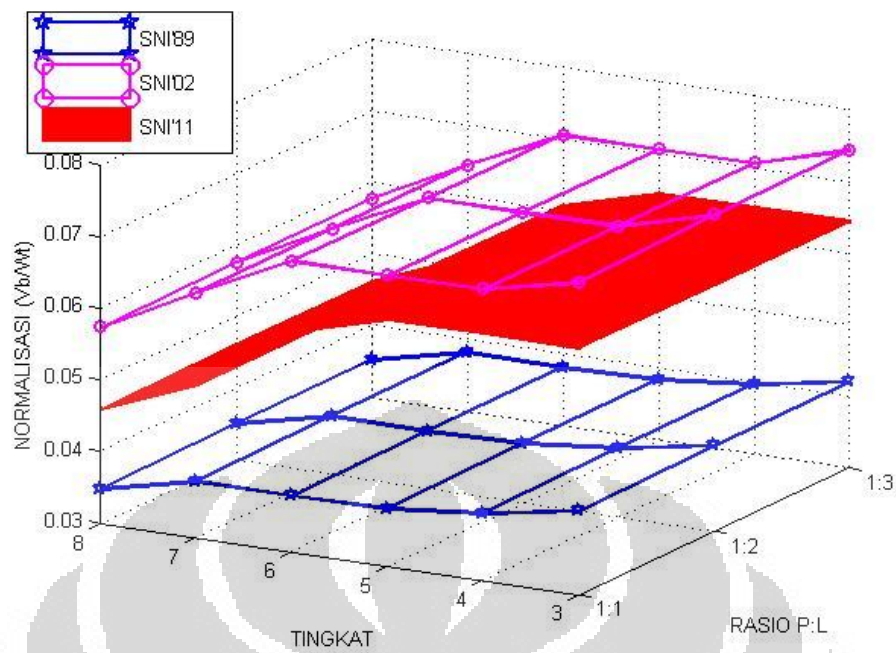
Gambar 4. 13 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 4,8 m Arah-Y



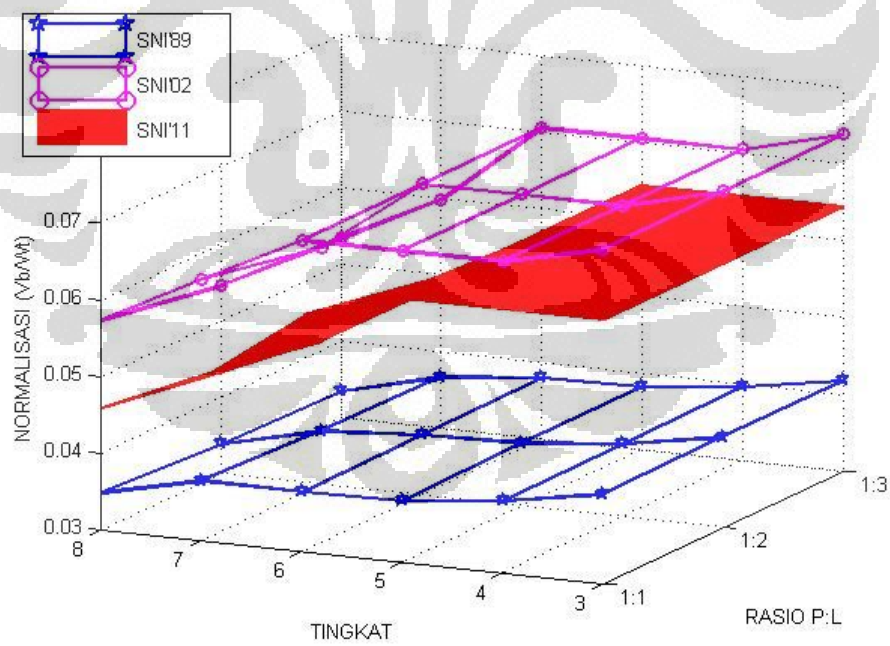
Gambar 4. 14 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 6 m Arah-X



Gambar 4. 15 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 6 m Arah-Y



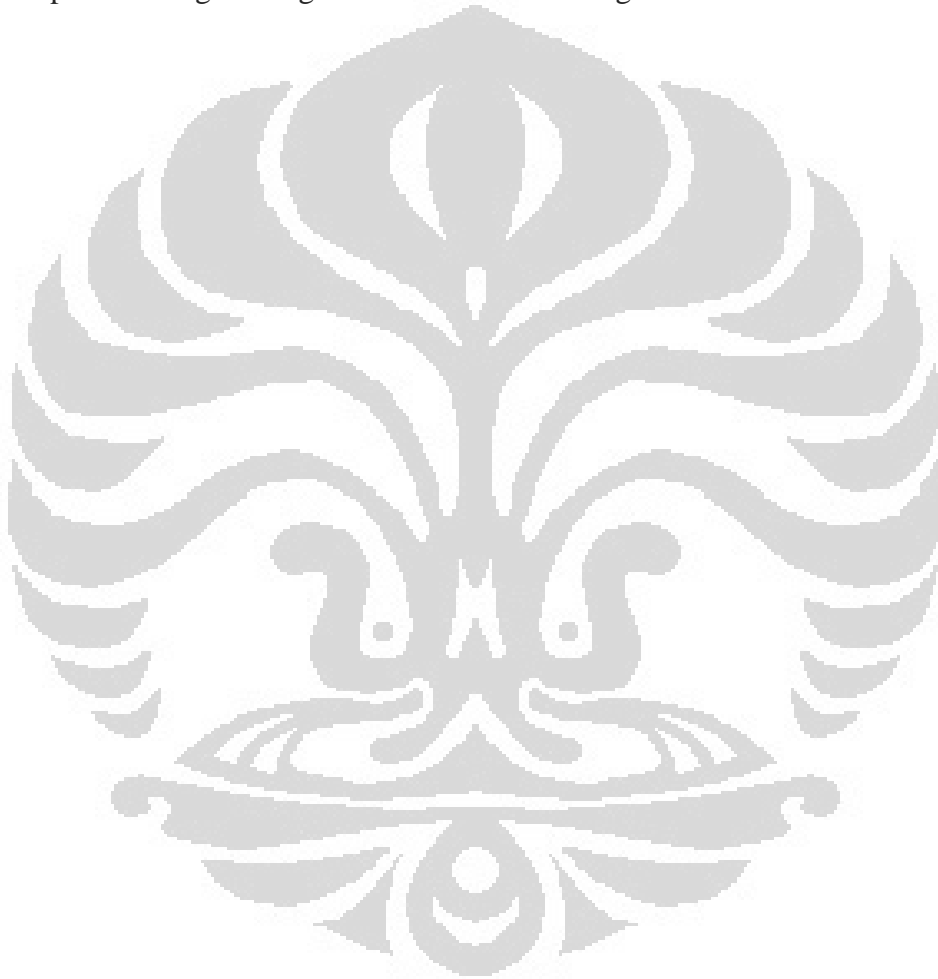
Gambar 4. 16 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 8 m Arah-X



Gambar 4. 17 Nilai Normalisasi Struktur Bentang 8 m Arah-Y

4.3.2.3 Pemeriksaan Simpangan Antar Lantai

Untuk persyaratan simpangan antar lantai, dimana nilainya dibatasi dengan rumusan pada masing-masing peraturan gempa. Untuk peraturan gempa SNI 03-1726-1989, menyatakan bahwa $\Delta_i < 0,005x h_i$, peraturan gempa SNI 03-1726-2002, menyatakan bahwa $\Delta_i < \frac{0,03}{R}x h_i$, sedangkan untuk peraturan gempa SNI 03-1726-2011 adalah $0,025 h_{sx}$. Adapun dari keseluruhan maksimum drift pada masing-masing modelisasi adalah sebagai berikut:



Tabel 4. 28 Perbandingan Simpangan Antar Lantai SNI'89, SNI'02, dan SNI'11

KODE MODELISASI	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002				SNI 03-1726-2011			
	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i <$ 0,005 $\times h_i$	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i <$ 0,03 \times h_i / R	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i <$ 0,03 \times h_i / R	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i <$ 0,025 $\times h_{sx}$	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i <$ 0,025 $\times h_{sx}$
4.8-1:1-5-3	0.712	OK	1.527	OK	1.527	OK	1.321	OK	1.321	OK
4.8-1:1-5-4	1.061	OK	2.297	OK	2.297	OK	2.012	OK	2.012	OK
4.8-1:1-5-5	1.229	OK	2.411	OK	2.411	OK	2.407	OK	2.408	OK
4.8-1:1-5-6	1.289	OK	2.422	OK	2.421	OK	2.409	OK	2.407	OK
4.8-1:1-5-7	1.385	OK	2.537	OK	2.539	OK	2.539	OK	2.541	OK
4.8-1:1-5-8	1.711	OK	2.544	OK	2.538	OK	2.536	OK	2.531	OK
4.8-1:2-5-3	0.764	OK	1.546	OK	1.64	OK	1.332	OK	1.418	OK
4.8-1:2-5-4	1.138	OK	2.32	OK	2.467	OK	2.025	OK	2.159	OK
4.8-1:2-5-5	1.301	OK	2.414	OK	2.502	OK	2.409	OK	2.582	OK
4.8-1:2-5-6	1.362	OK	2.408	OK	2.497	OK	2.399	OK	2.581	OK
4.8-1:2-5-7	1.443	OK	2.529	OK	2.612	OK	2.538	OK	2.721	OK
4.8-1:2-5-8	1.793	OK	2.532	OK	2.618	OK	2.524	OK	2.713	OK
4.8-1:3-5-3	0.783	OK	1.553	OK	1.683	OK	1.335	OK	1.454	OK
4.8-1:3-5-4	1.167	OK	2.328	OK	2.531	OK	2.028	OK	2.215	OK
4.8-1:3-5-5	1.348	OK	2.415	OK	2.535	OK	2.410	OK	2.649	OK
4.8-1:3-5-6	1.383	OK	2.404	OK	2.526	OK	2.396	OK	2.645	OK
4.8-1:3-5-7	1.584	OK	2.528	OK	2.642	OK	2.536	OK	2.789	OK
4.8-1:3-5-8	1.838	OK	2.528	OK	2.648	OK	2.519	OK	2.782	OK
6-1:1-5-3	0.625	OK	1.323	OK	1.323	OK	1.138	OK	1.138	OK
6-1:1-5-4	0.784	OK	1.677	OK	1.677	OK	1.505	OK	1.505	OK

Universitas Indonesia

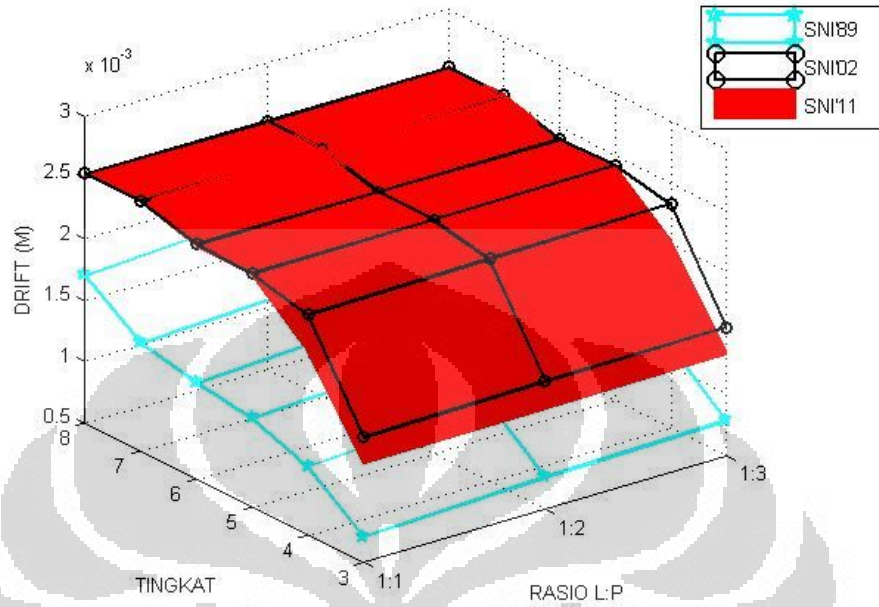
KODE MODELISASI	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002				SNI 03-1726-2011			
	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,005 \times h_i$	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,03 \times h_i / R$	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i < 0,03 \times h_i / R$	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,025 \times h_{sx}$	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i < 0,025 \times h_{sx}$
6-1:1-5-5	0.931	OK	2.065	OK	2.065	OK	1.883	OK	1.884	OK
6-1:1-5-6	1.074	OK	2.191	OK	2.191	OK	1.872	OK	1.872	OK
6-1:1-5-7	1.082	OK	2.059	OK	2.06	OK	1.735	OK	1.736	OK
6-1:1-5-8	1.118	OK	2.113	OK	2.111	OK	1.693	OK	1.690	OK
6-1:2-5-3	0.681	OK	1.344	OK	1.442	OK	1.155	OK	1.240	OK
6-1:2-5-4	0.853	OK	1.691	OK	1.825	OK	1.512	OK	1.637	OK
6-1:2-5-5	1.012	OK	2.088	OK	2.242	OK	1.906	OK	2.047	OK
6-1:2-5-6	1.149	OK	2.179	OK	2.271	OK	1.866	OK	2.030	OK
6-1:2-5-7	1.144	OK	2.034	OK	2.134	OK	1.712	OK	1.878	OK
6-1:2-5-8	1.174	OK	2.083	OK	2.184	OK	1.717	OK	1.883	OK
6-1:3-5-3	0.714	OK	1.351	OK	1.488	OK	1.162	OK	1.279	OK
6-1:3-5-4	0.879	OK	1.697	OK	1.883	OK	1.515	OK	1.688	OK
6-1:3-5-5	1.043	OK	2.096	OK	2.282	OK	1.913	OK	2.110	OK
6-1:3-5-6	1.174	OK	2.176	OK	2.303	OK	1.863	OK	2.091	OK
6-1:3-5-7	1.187	OK	2.025	OK	2.162	OK	1.705	OK	1.935	OK
6-1:3-5-8	1.195	OK	2.073	OK	2.212	OK	1.706	OK	1.938	OK
8-1:1-5-3	0.436	OK	0.913	OK	0.913	OK	0.798	OK	0.798	OK
8-1:1-5-4	0.523	OK	1.115	OK	1.115	OK	1.017	OK	1.017	OK
8-1:1-5-5	0.655	OK	1.443	OK	1.444	OK	1.318	OK	1.318	OK
8-1:1-5-6	0.781	OK	1.729	OK	1.728	OK	1.483	OK	1.483	OK
8-1:1-5-7	0.919	OK	1.842	OK	1.843	OK	1.466	OK	1.467	OK

Universitas Indonesia

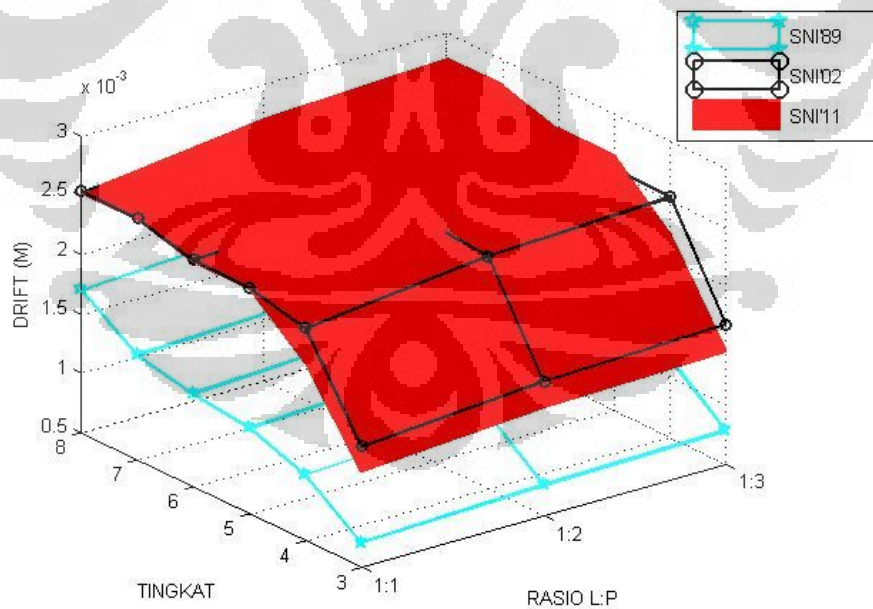
KODE MODELISASI	SNI 03-1726-1989		SNI 03-1726-2002				SNI 03-1726-2011			
	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,005 \times h_i$	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,03 \times h_i / R$	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i < 0,03 \times h_i / R$	Drift Maksimum X (mm)	$\Delta_i < 0,025 \times h_{sx}$	Drift Maksimum Y (mm)	$\Delta_i < 0,025 \times h_{sx}$
8-1:1-5-8	0.975	OK	1.892	OK	1.89	OK	1.504	OK	1.503	OK
8-1:2-5-3	0.484	OK	0.927	OK	1.014	OK	0.804	OK	0.884	OK
8-1:2-5-4	0.58	OK	1.119	OK	1.233	OK	1.021	OK	1.126	OK
8-1:2-5-5	0.726	OK	1.43	OK	1.597	OK	1.306	OK	1.458	OK
8-1:2-5-6	0.863	OK	1.714	OK	1.905	OK	1.473	OK	1.552	OK
8-1:2-5-7	0.989	OK	1.823	OK	1.927	OK	1.453	OK	1.533	OK
8-1:2-5-8	1.042	OK	1.86	OK	1.976	OK	1.480	OK	1.570	OK
8-1:3-5-3	0.503	OK	0.932	OK	1.054	OK	0.807	OK	0.919	OK
8-1:3-5-4	0.603	OK	1.12	OK	1.281	OK	1.023	OK	1.170	OK
8-1:3-5-5	0.754	OK	1.425	OK	1.659	OK	1.301	OK	1.514	OK
8-1:3-5-6	0.895	OK	1.71	OK	1.977	OK	1.469	OK	1.579	OK
8-1:3-5-7	1.015	OK	1.817	OK	1.96	OK	1.448	OK	1.588	OK
8-1:3-5-8	1.068	OK	1.849	OK	2.009	OK	1.470	OK	1.608	OK

Universitas Indonesia

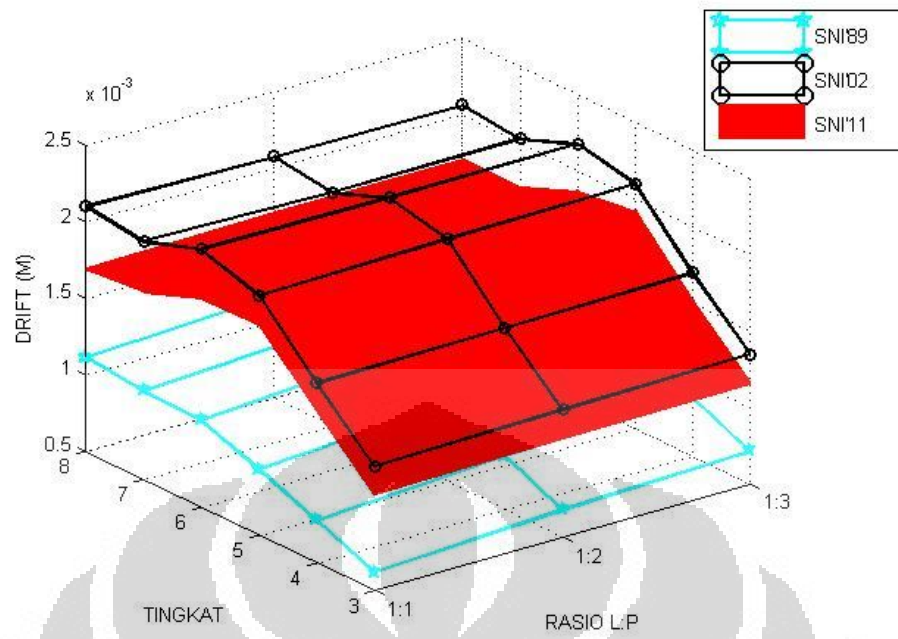
Dari data di atas selanjutnya dapat dibuat grafik 3D dengan menggunakan bantuan software MATLAB, sehingga didapat grafik sebagai berikut:



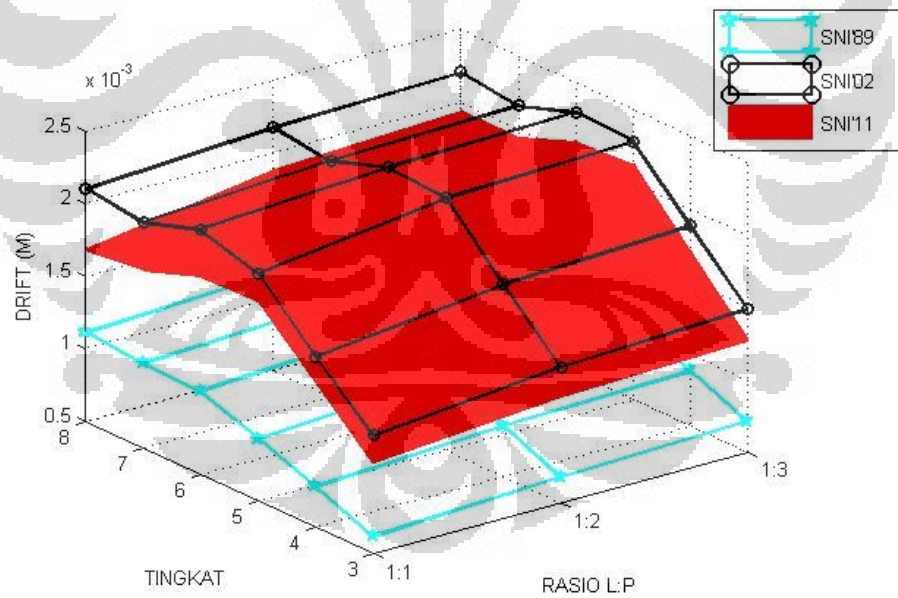
Gambar 4. 18 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 4,8 m Arah-X



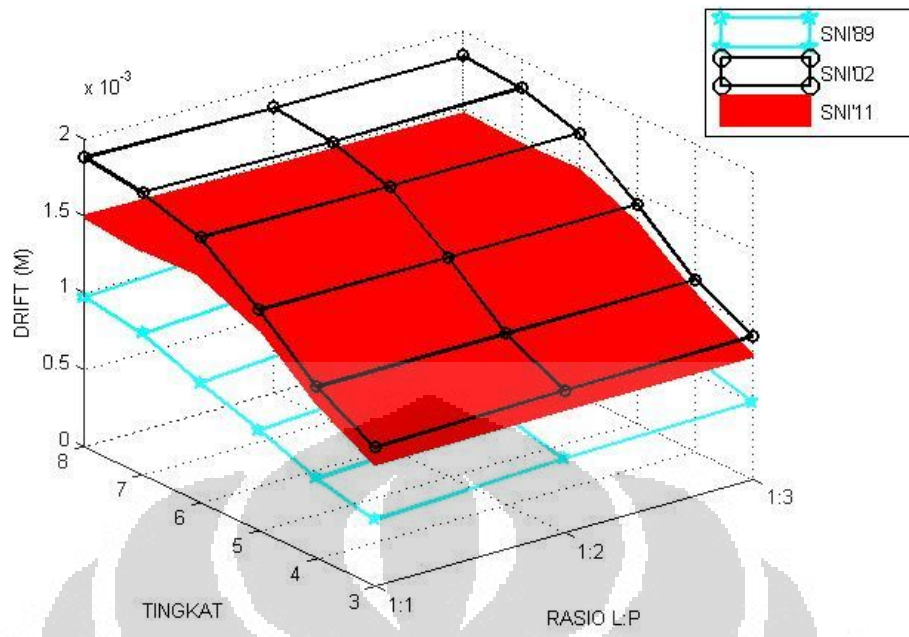
Gambar 4. 19 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 4,8 m Arah Y



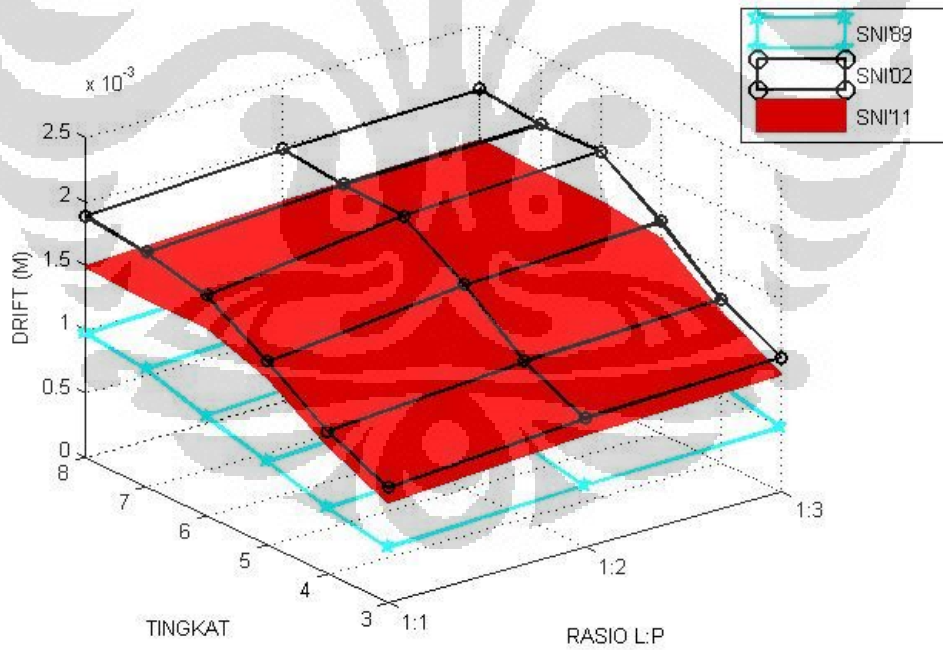
Gambar 4. 20 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 6 m Arah-X



Gambar 4. 21 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 6 m Arah-Y



Gambar 4. 22 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 8 m Arah-X



Gambar 4. 23 Simpangan Antar Lantai Struktur Bentang 8 m Arah-Y

4.4 Analisis Hasil

Dari grafik dan tabel gaya geser dasar maksimum, nilai normalisasi struktur, dan simpangan antar lantai struktur, dapat disimpulkan untuk bangunan tingkat rendah di Wilayah Jakarta dengan kondisi tanah lunak adalah sebagai berikut ini

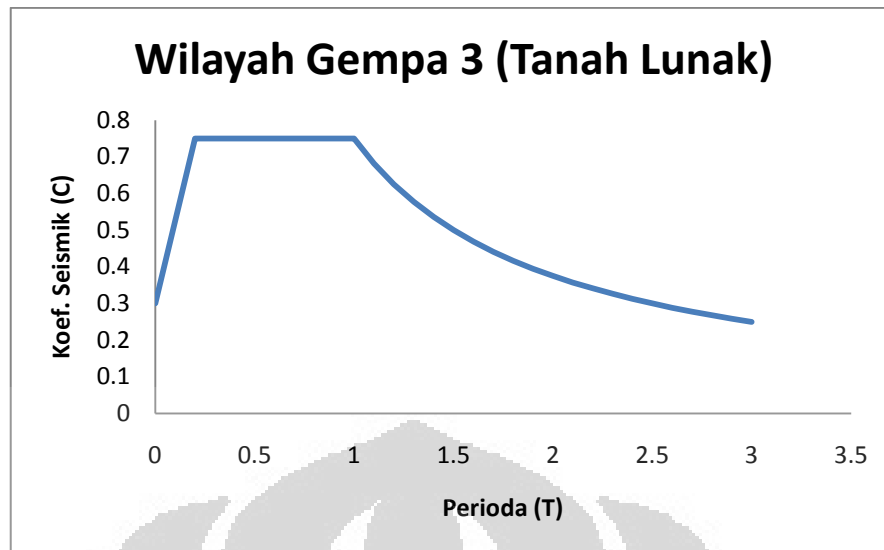
- Nilai normalisasi lantai 3, lantai 4, dan lantai 5 pada setiap bentangnya memiliki nilai yang sama
- Nilai normalisasi gaya geser SNI'11 lebih besar 31,65% dibandingkan nilai normalisasi gaya geser SNI'89
- Sebanyak 85,19% model (46 dari 54 model) SNI'11 memiliki gaya geser dasar dan simpangan antar lantai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan SNI'02 dengan simpangan rata-rata nilai normalisasi gaya geser sebesar 12,26%.
- Sebanyak 14,81% model (8 dari 54 model) SNI'11 memiliki gaya geser dasar dan simpangan antar lantai yang lebih besar jika dibandingkan dengan SNI'02 dengan simpangan rata-rata nilai normalisasi gaya geser sebesar 1,54%. Model ini adalah model dengan bentang kolom 4,8 meter, jumlah tingkat 5-8 lantai, dan rasio P:L adalah 1:2 dan 1:3

Dari hasil kesimpulan di atas, maka perlu dilakukannya analisis hasil, sehingga dapat diketahui hubungan antara jumlah lantai dan periode getar suatu gedung dengan gaya geser dasar dan simpangan antar lantai gedung tersebut.

Berikut ini adalah data-data gedung yang di analisis:

Wilayah bangunan	: DKI Jakarta
Jenis Tanah	: Tanah Lunak
Jumlah Tingkat	: 3-8 lantai
Perioda Alami Struktur	: 0,5235 – 1,6242 detik
Faktor Keutamaan (I)	: 1
Koefisien Modifikasi Respons	: 8,5 (SNI'02) dan 8 (SNI'11)
Beban Gempa	:

- a. Beban Gempa menurut SNI 03-1726-2002



Gambar 4. 24 Respons Spektrum Gempa SNI'02

b. Beban Gempa menurut SNI 03-1726-2011

Parameter respons spektral percepatan gempa

$$S_s = 0,65 \text{ g}$$

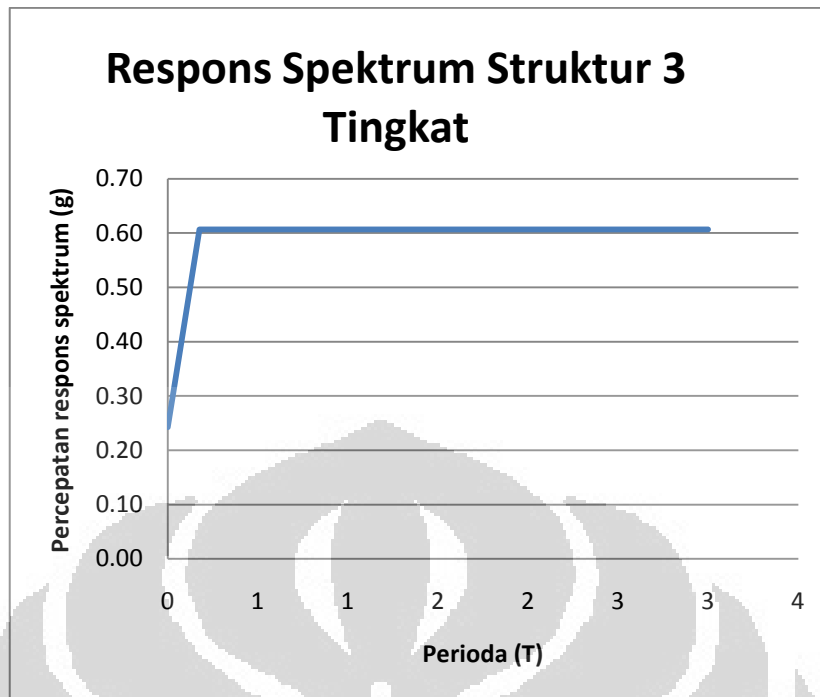
$$S_1 = 0,275 \text{ g}$$

Parameter percepatan spektral disain

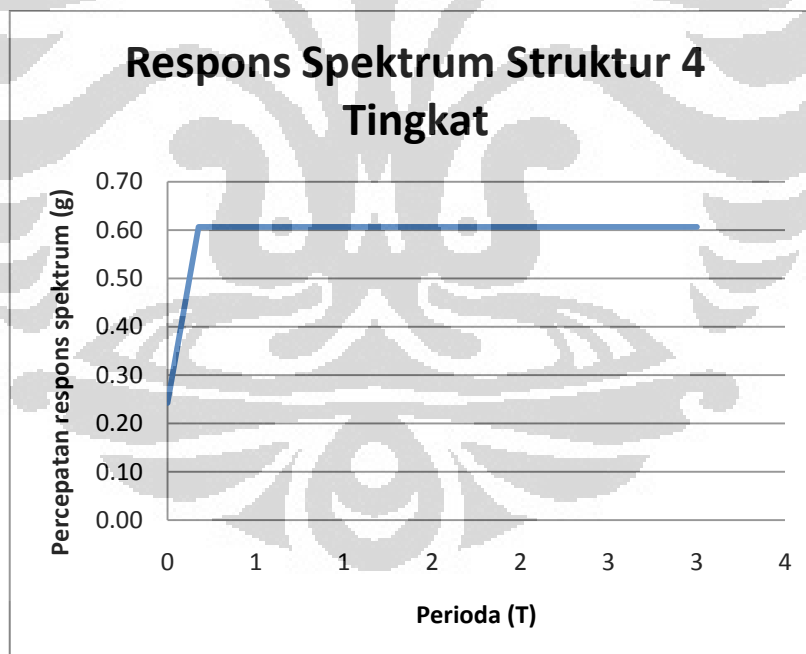
$$S_{DS} = 0,6067 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 0,5317 \text{ g}$$

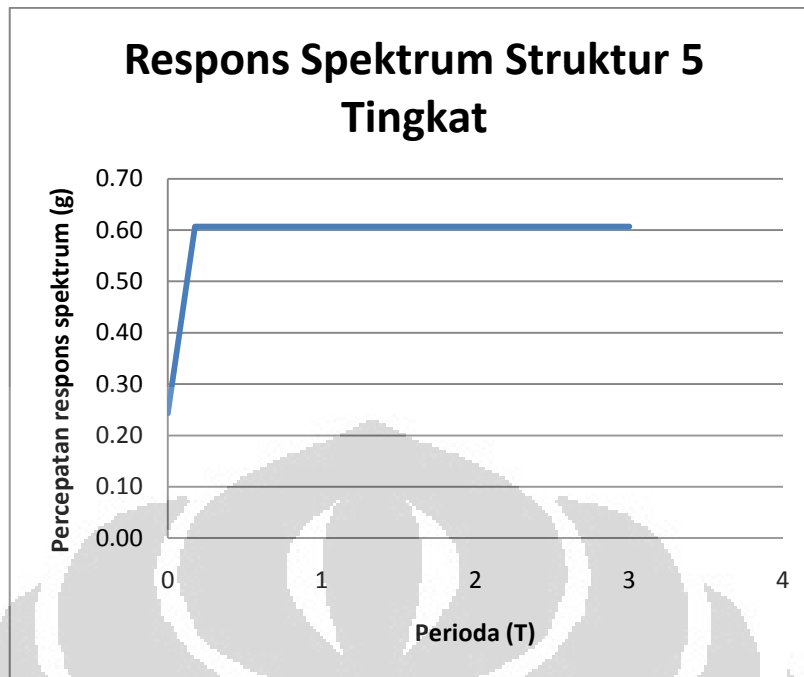
$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$$



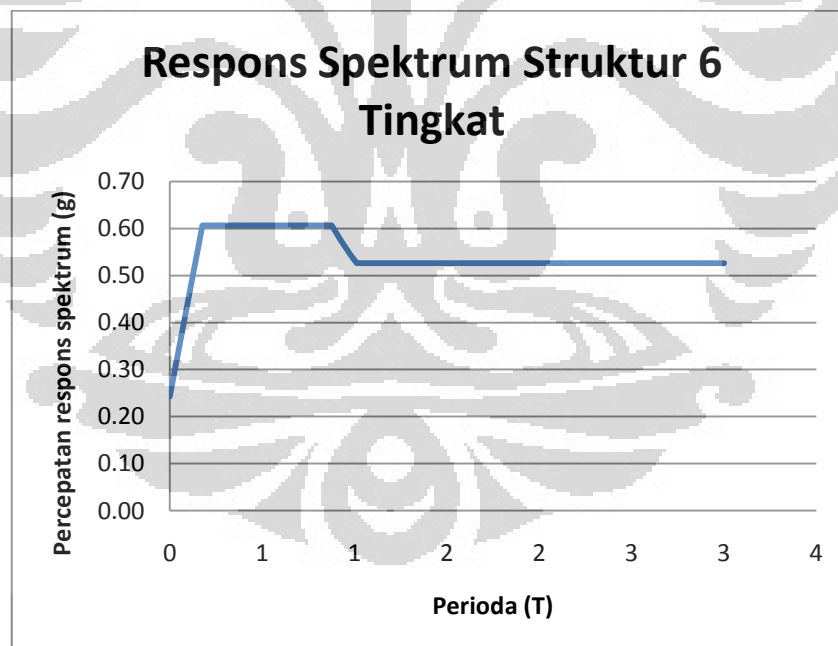
Gambar 4. 25 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 3 Tingkat



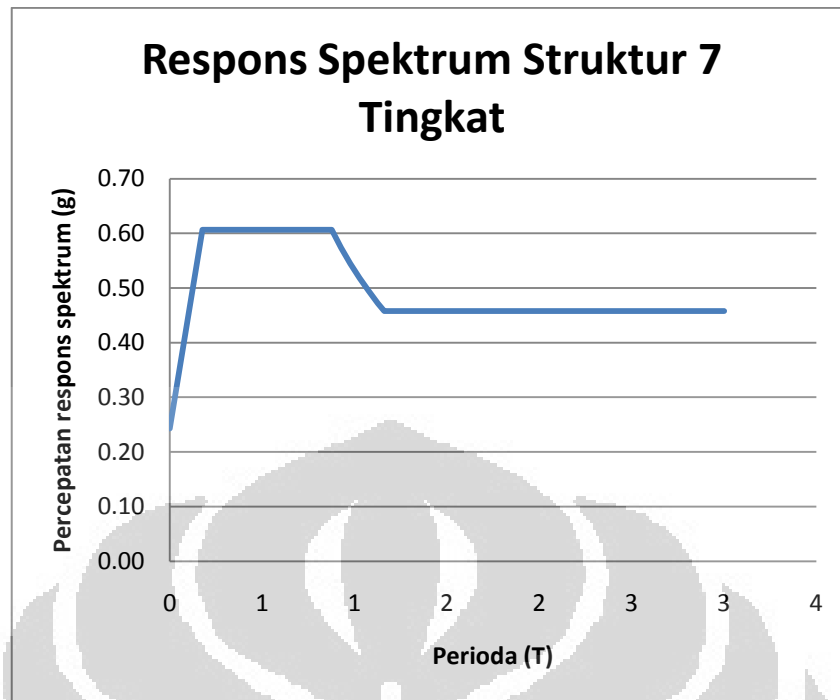
Gambar 4. 26 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 4 Tingkat



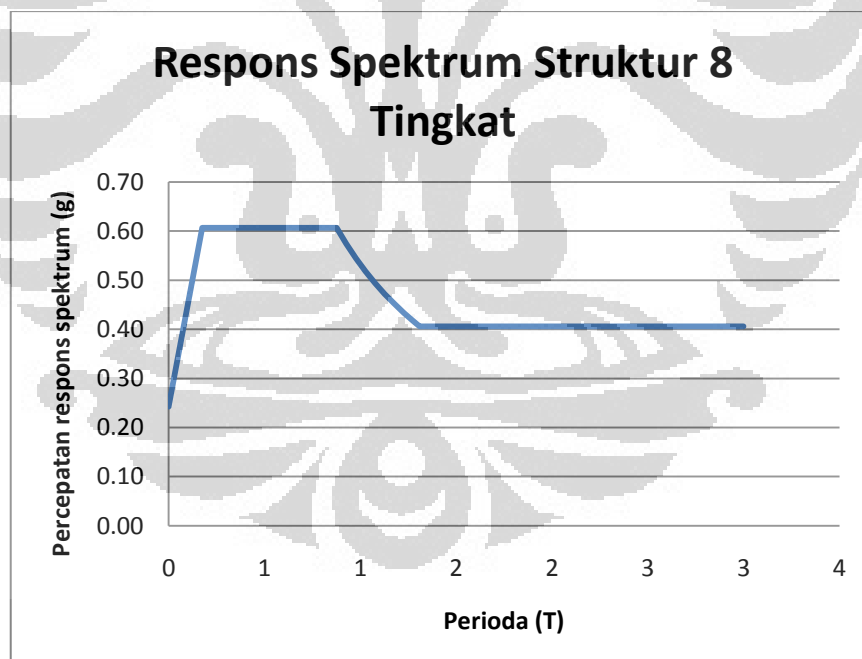
Gambar 4. 27 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 5 Tingkat



Gambar 4. 28 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 6 Tingkat



Gambar 4. 29 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 7 Tingkat



Gambar 4. 30 Respons Spektrum Gempa SNI'11 Struktur 8 Tingkat

Untuk memudahkan di dalam analisis, maka akan dilakukan contoh perhitungan gaya geser statik ekivalen dengan peraturan SNI'02 dan SNI'11. Adapun model yang dijadikan contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Gedung dengan jarak antar kolom 4,8 meter, perbandingan P:L = 1:1, dan jumlah tingkat sebanyak 3 buah
2. Gedung dengan jarak antar kolom 6 meter, perbandingan P:L = 1:2, dan jumlah tingkat sebanyak 6 buah
3. Gedung dengan jarak antar kolom 8 meter, perbandingan P:L = 1:3, dan jumlah tingkat sebanyak 8 buah

Contoh 1		
	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011
Jumlah lantai	3	
Jarak antar kolom	4.8	
P : L	1 : 1	
Massa Total	111576.9248	
Perioda alami arah x (Tx)	0.678181	
Perioda alami arah y (Ty)	0.678181	
Pengecekan perioda	<p>Bangunan yang di cek diasumsikan bangunan eksisting yang telah dibangun menggunakan SNI'89, sehingga tanpa adanya perkuatan struktur, maka perioda alami yang digunakan adalah perioda yang di dapat dari ETABS</p> <p style="text-align: center;">$T_x = T_y = 0,6782 \text{ s}$</p>	<p>Syarat penentuan perioda struktur:</p> <p>-$T_c > T_a \rightarrow T = T_a$</p> <p>-$T_c < T_a < T_c \rightarrow T = T_c$</p> <p>-$T_c < T_a \rightarrow T = T_a$</p> <p>$T_a = 0,3868 \text{ s}$</p> <p>$T_c = 1,4 \times 0,3868 = 0,5415 \text{ s}$</p> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$T_x = T_y = 0,5415 \text{ s}$</p>

Koefisien Respons Seismik	<p>Syarat penentuan koefisien respons seismik (C) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak:</p> <p>- $0,2 < T < 1 \rightarrow C = 0,75$ g</p> <p>- $T > 1 \rightarrow C = (0,75/T)$ g</p> <p style="text-align: center;">$C = 0,75$ g</p> <p style="text-align: center;">$\frac{C \times I}{R} = 0,09375$ g</p>	<p>Syarat penentuan koefisien respons seismik (C_s) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak:</p> <p>- $T < T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{DS}}{R/I}$</p> <p>- $T > T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I)}$</p> <p style="text-align: center;">Dengan</p> <p style="text-align: center;">$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$</p> <p style="text-align: center;">$C_s = 0,0758$ g</p>
Gaya Geser Dasar	<p style="text-align: center;">$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot Wt$</p> <p>$V_1 = 96579,67$ kg</p>	<p>$V_1 = C_s \cdot Wt$</p> <p>$V_1 = 82968,38$ kg</p>
Gaya Geser Dasar Nominal	$0,8 V_1 = 77263,74$ kg	$0,85 V_1 = 70523,12$ kg
Normalisasi	0,0706	0,0644
Perbedaan gaya geser SNI'11 terhadap SNI'02	Gaya geser SNI '11 lebih kecil 8,74 % dibandingkan dengan gaya geser SNI'02.	
Contoh 2		
	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011
Jumlah lantai	6	
Jarak antar kolom	6	
P : L	1 : 2	
Massa Total	480984.5959	
Perioda alami arah x (Tx)	1.083696	
Perioda alami arah y (Ty)	1.129638	

Pengecekan perioda	$T_x = 1,084 \text{ s}$ $T_y = 1,130 \text{ s}$	Syarat penentuan perioda struktur: $-T_c > C_u T_a \rightarrow T = C_u T_a$ $-T_a < T_c < C_u T_a \rightarrow T = T_c$ $-T_c < T_a \rightarrow T = T_a$ $T_a = 0,722 \text{ s}$ $C_u T_a = 1,4 \times 0,722 \text{ s} = 1,0104 \text{ s}$ $T_x = T_y = 1,0104 \text{ s}$
Koefisien Respons Seismik	Syarat penentuan koefisien respons seismik (C) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak: $-0,2 < T < 1 \rightarrow C = 0,75 \text{ g}$ $-T > 1 \rightarrow C = (0,75/T) \text{ g}$ $C_x = 0,6919 \text{ g}$ $C_y = 0,6637 \text{ g}$ $\frac{C_x \times I}{R} = 0,0814 \text{ g}$ $\frac{C_y \times I}{R} = 0,0781 \text{ g}$	Syarat penentuan koefisien respons seismik (C_s) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak: $-T < T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{DS}}{R/I}$ $-T > T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I)}$ Dengan $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$ $C_s = 0,0658 \text{ g}$
Gaya Geser Dasar	$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$ $V_{1x} = 384082,55 \text{ kg}$ $V_{1y} = 368428,37 \text{ kg}$	$V_1 = C_s \cdot W_t$ $V_1 = 310474,60 \text{ kg}$
Gaya Geser Dasar Nominal	$0,8 V_{1x} = 307266,04 \text{ kg}$ $0,8 V_{1y} = 294742,70 \text{ kg}$	$0,85 V_1 = 263903,41 \text{ kg}$
Normalisasi	0,06379	0,05593

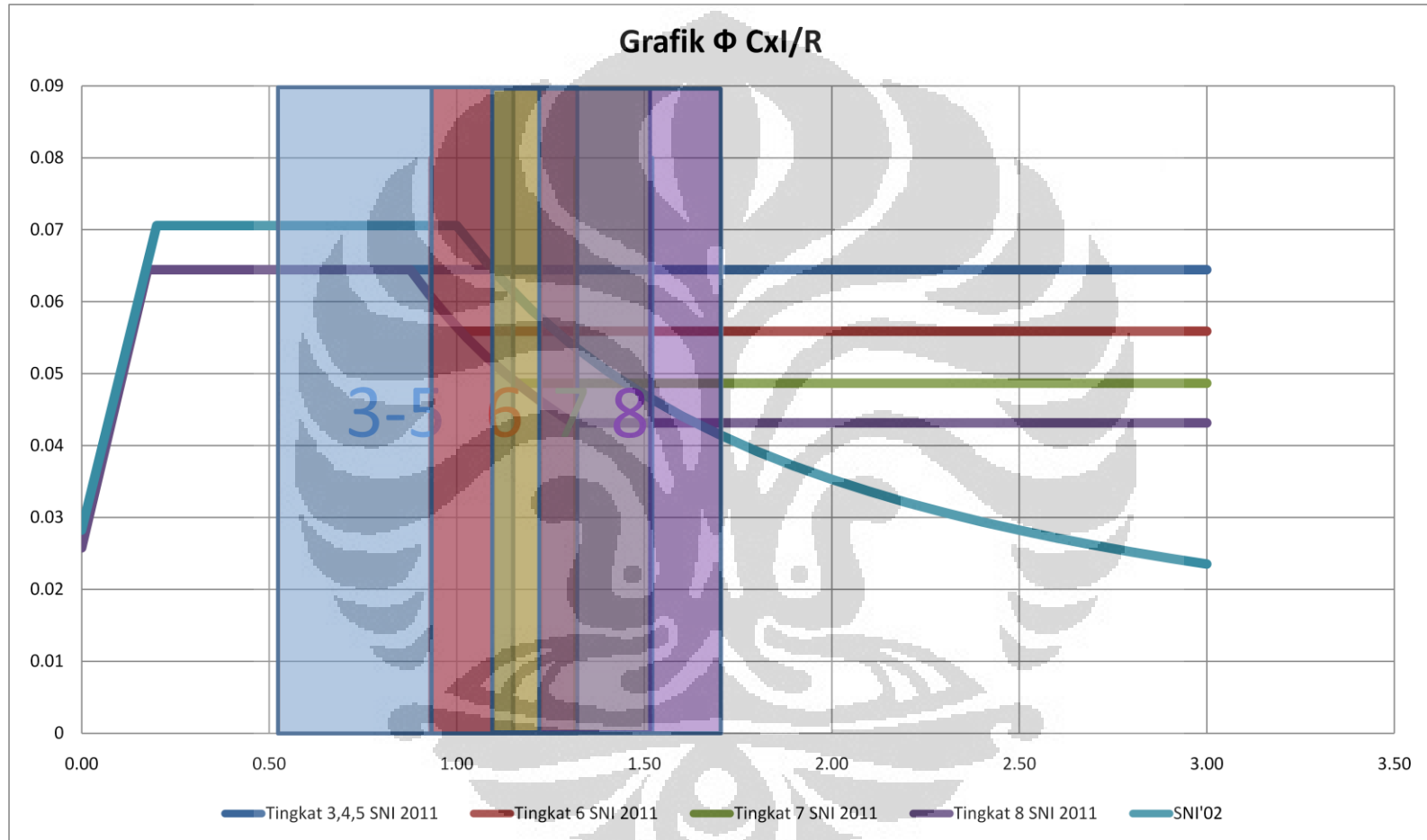
Perbedaan gaya geser SNI'11 terhadap SNI'02	Gaya geser SNI '11 lebih kecil 12,32 % dibandingkan dengan gaya geser SNI'02.	
Contoh 3		
	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011
Jumlah lantai	8	
Jarak antar kolom	8	
P : L	1 : 3	
Massa Total	1053159.531	
Perioda alami arah x (Tx)	1,2232	
Perioda alami arah y (Ty)	1,3183	
Pengecekan perioda	$T_x = 1,2232 \text{ s}$ $T_y = 1,3183 \text{ s}$	Syarat penentuan perioda struktur: $-T_c > C_u T_a \rightarrow T = C_u T_a$ $-T_a < T_c < C_u T_a \rightarrow T = T_c$ $-T_c < T_a \rightarrow T = T_a$ $T_a = 0,935 \text{ s}$ $C_u T_a = 1,4 \times 0,935 \text{ s} = 1,3090 \text{ s}$ $T_x = 1,22326 \text{ s}$ $T_y = 1,30905 \text{ s}$
Koefisien Respons Seismik	Syarat penentuan koefisien respons seismik (C) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak: $- 0,2 < T < 1 \rightarrow C = 0,75 \frac{g}{g}$ $- T > 1 \rightarrow C = (0,75/T) g$	Syarat penentuan koefisien respons seismik (Cs) untuk wilayah Jakarta dan jenis tanah lunak: $- T < T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{DS}}{R/I}$ $- T > T_s \rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T(R/I)}$ Dengan

	$C_x = 0,6131 \text{ g}$ $C_y = 0,5689 \text{ g}$ $\frac{C_x \times I}{R} = 0,0721 \text{ g}$ $\frac{C_y \times I}{R} = 0,0669 \text{ g}$	$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5317}{0,6067} = 0,8764$ $C_{sx} = 0,054333 \text{ g}$ $C_{sy} = 0,05077 \text{ g}$
Gaya Geser Dasar	$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot Wt$ $V_{1x} = 745204,66 \text{ kg}$ $V_{1y} = 691480,88 \text{ kg}$	$V_1 = C_s \cdot Wt$ $V_{1x} = 561341,18 \text{ kg}$ $V_{1y} = 524530 \text{ kg}$
Gaya Geser Dasar Nominal	$0,8 V_{1x} = 596163,73 \text{ kg}$ $0,8 V_{1y} = 553184,71 \text{ kg}$	$0,85 V_{1x} = 477139,95 \text{ kg}$ $0,85 V_{1y} = 445850,5 \text{ kg}$
Normalisasi	0,05562	0,04468
Perbedaan gaya geser SNI'11 terhadap SNI'02	Gaya geser SNI '11 lebih kecil 19,67% dibandingkan dengan gaya geser SNI'02.	

Dari tabel di atas dapat dilihat, bahwa nilai $\frac{C \times I}{R}$ yang didapat melalui peraturan SNI'02 selalu lebih besar daripada nilai C_s yang didapat melalui peraturan SNI'11. Hal ini menyebabkan nilai gaya geser yang ditetapkan berdasarkan SNI'02 lebih besar dibandingkan nilai gaya geser yang ditetapkan berdasarkan SNI'11. Hal ini juga berbanding lurus dengan simpangan antar lantai yang ditetapkan oleh kedua peraturan.

Maka berikutnya dibandingkan nilai $\Phi \frac{C \times I}{R}$ dari setiap respons spektrum yang didapat dari SNI'02 dan SNI'11, sehingga dapat diketahui batasan-batasan perioda struktur yang menentukan. Dari hasil analisa nilai $\Phi \frac{C \times I}{R}$ akan didapat grafik seperti di bawah ini:

Universitas Indonesia



Gambar 4. 31 Perbandingan nilai $\Phi CxI/R$ SNI'02 dan SNI'11

Universitas Indonesia

Dari grafik di atas, dapat diketahui nilai T di mana kedua peraturan menghasilkan nilai $\Phi \frac{C \times I}{R}$ yang sama, yaitu ketika terdapat dua garis berpotongan. Dari grafik juga dapat disimpulkan, jika suatu struktur memiliki nilai T yang melebihi dari T perpotongan ini, maka $\Phi \frac{C \times I}{R}$ SNI'11 akan lebih besar dibandingkan dengan $\Phi \frac{C \times I}{R}$ SNI'02. Berikut ini adalah nilai dari T tersebut setiap tingkatnya:

Tabel 4. 29 Batas Nilai T

Lantai	Batas T (s)
3-5	1.0951
6	1.2626
7	1.4505
8	1.6358

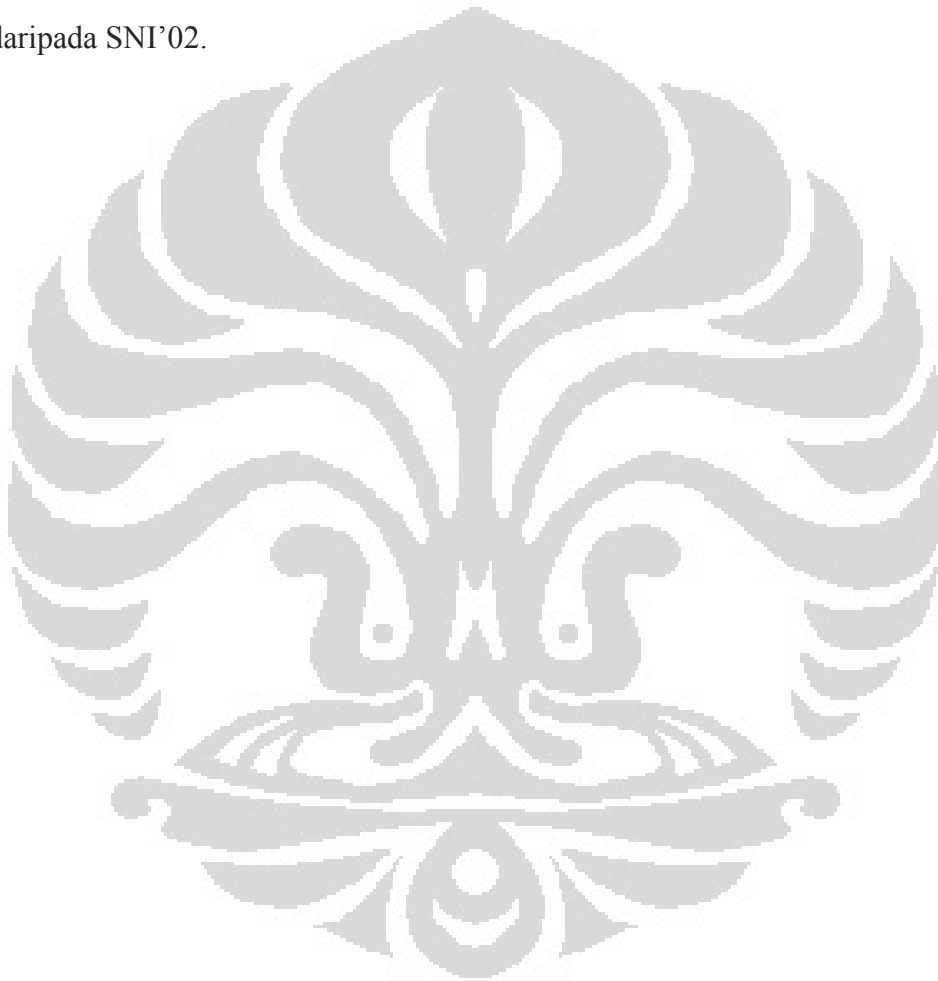
Dari nilai T di atas, selanjutnya dilakukan pengecekan terhadap contoh pemodelan struktur yang telah di buat, maka hasilnya di dapat sebagai berikut:

Tabel 4. 30 Pengecekan Model

Kode Modelisasi	Massa	Tx	Ty
4.8 - 1 : 1 - 5 - 3	1094570	0.678181	0.678181
4.8 - 1 : 1 - 5 - 4	1468072	0.918093	0.918093
4.8 - 1 : 1 - 5 - 5	1865855	1.094421	1.094421
4.8 - 1 : 1 - 5 - 6	2290945	1.253471	1.253471
4.8 - 1 : 1 - 5 - 7	2694780	1.448831	1.448831
4.8 - 1 : 1 - 5 - 8	3128948	1.624241	1.624241
4.8 - 1 : 2 - 5 - 3	2149080	0.683777	0.703095
4.8 - 1 : 2 - 5 - 4	2882732	0.923403	0.951834
4.8 - 1 : 2 - 5 - 5	3660778	1.097881	1.134572
4.8 - 1 : 2 - 5 - 6	4488766	1.254382	1.299087
4.8 - 1 : 2 - 5 - 7	5277908	1.449295	1.501888
4.8 - 1 : 2 - 5 - 8	6122539	1.623445	1.683782
4.8 - 1 : 3 - 5 - 3	3203590	0.685752	0.712227
4.8 - 1 : 3 - 5 - 4	4297391	0.925278	0.96421
4.8 - 1 : 3 - 5 - 5	5455701	1.099105	1.149306

4.8 - 1 : 3 - 5 - 6	6686587	1.254735	1.315832
4.8 - 1 : 3 - 5 - 7	7861035	1.449494	1.521371
4.8 - 1 : 3 - 5 - 8	9116131	1.623223	1.705653

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa model dengan bentang kolom 4,8 meter, jumlah tingkat 5-8 lantai, dan rasio P:L adalah 1:2 dan 1:3 memiliki perioda yang melebihi batas nilai T. Maka dari itu, dari struktur ini, gaya geser dasar dan simpangan antar lantai dari peraturan SNI'11 lebih besar nilainya daripada SNI'02.



BAB 5

KESIMPULAN

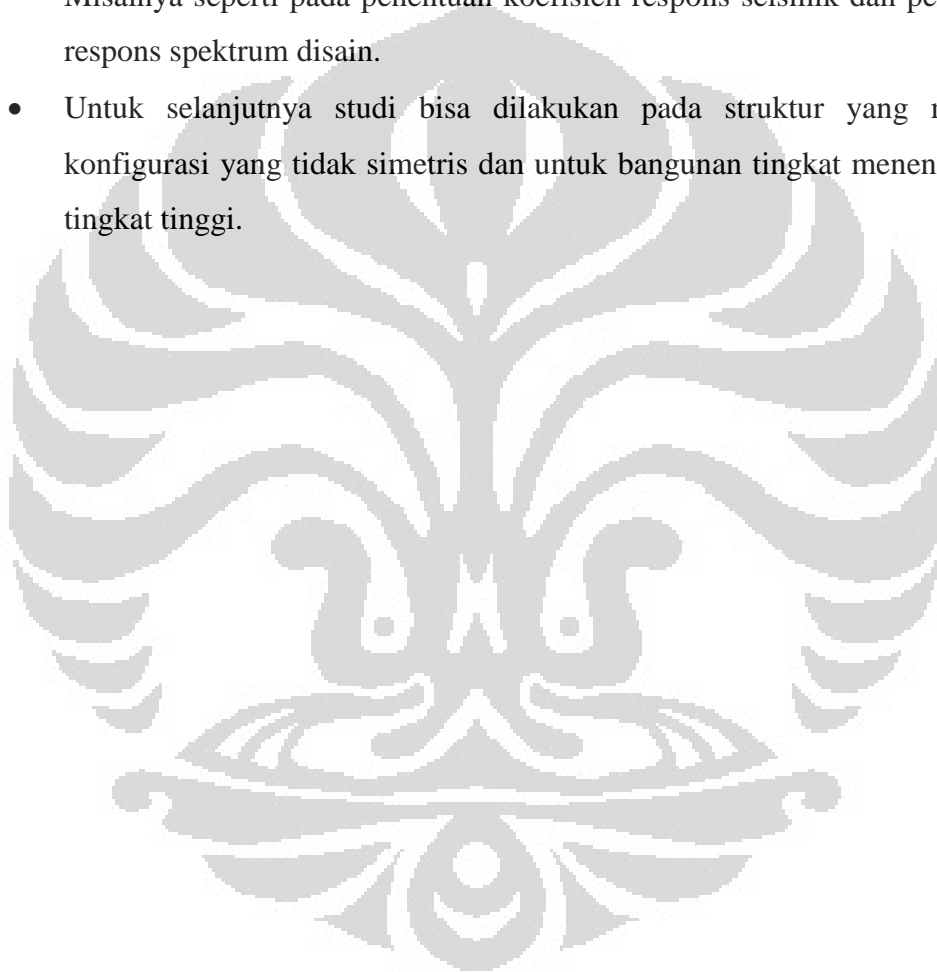
5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini hanya berlaku untuk bangunan tingkat rendah (3 sampai 8 lantai) dengan struktur beton bertulang (daktail penuh) yang berada di wilayah DKI Jakarta dengan kondisi tanah lunak. Respons spektrum dengan menggunakan peraturan SNI'11 didesain berdasarkan tinggi dan jenis bangunan. Pada penelitian ini untuk bangunan dengan jumlah lantai 3, 4 dan 5 tingkat memiliki respons spektrum disain SNI'11 yang sama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- Peraturan baru (SNI 03-1726-2011) merupakan versi penyempurnaan dari peraturan lama (SNI 03-1726-2002) yang memberikan pengaruh terhadap perencanaan yang lebih sistimatis, konsisten dan mendetail dan juga terhadap bangunan sendiri memberikan keamanan yang lebih menjamin tanpa menyampingkan terhadap faktor ekonomis (biaya, umur bangunan dan perawatan).
- Rata-rata nilai normalisasi gaya geser SNI'11 lebih besar 31,65% dibandingkan dengan rata-rata nilai normalisasi gaya geser SNI'89
- Sebanyak 85,19% model (46 dari 54 model) SNI'11 memiliki gaya geser dasar dan simpangan antar lantai yang lebih kecil jika dibandingkan dengan SNI'02 dengan simpangan rata-rata nilai normalisasi gaya geser sebesar 12,26%.
- Sebanyak 14,81% model (8 dari 54 model) SNI'11 memiliki gaya geser dasar dan simpangan antar lantai yang lebih besar jika dibandingkan dengan SNI'02 dengan simpangan rata-rata nilai normalisasi gaya geser sebesar 1,54%. Model ini adalah model dengan bentang kolom 4,8 meter, jumlah tingkat 5-8 lantai, dan rasio P:L adalah 1:2 dan 1:3.
- Struktur bangunan yang perioda getar alaminya berada pada predomnan gempa, beban gempa berdasarkan SNI'11 lebih besar dibandingkan dengan SNI'02.

5.2 Saran

- Untuk perencanaan bangunan gedung tahan gempa di Indonesia, sudah seharusnya menggunakan Tata Cara Pembebanan Gempa yang terbaru, yakni berdasarkan SNI 03-1726-2011. Di samping karena teknologinya lebih maju dibandingkan dengan SNI 03-1726-2002, perhitungan gaya gempa rencana yang dihasilkan juga lebih akurat karena persyaratan-persyaratan untuk bangunan tahan gempa lebih spesifik dan mendetailnya. Misalnya seperti pada penentuan koefisien respons seismik dan pembuatan respons spektrum disain.
- Untuk selanjutnya studi bisa dilakukan pada struktur yang memiliki konfigurasi yang tidak simetris dan untuk bangunan tingkat menengah atau tingkat tinggi.



DAFTAR REFERENSI

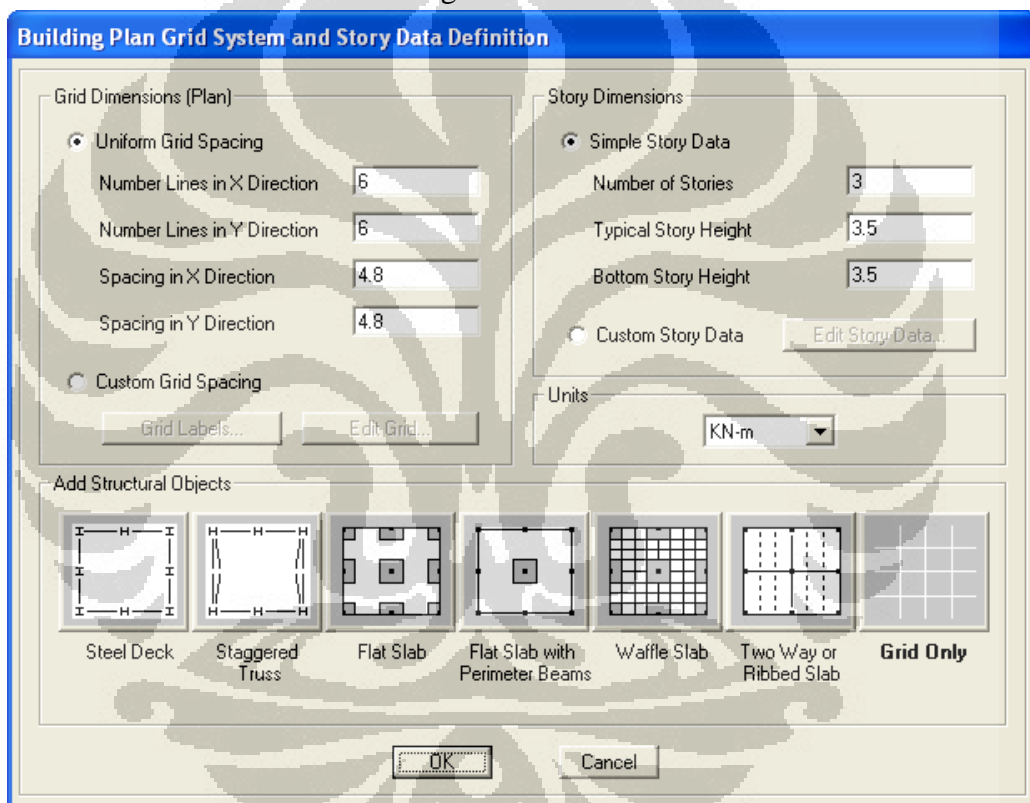
- Standar SNI 03-1726-1989, "Pedoman Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah Dan Gedung", Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, 1987
- Standar SK SNI T-15-1991-03, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Departemen Pekerjaan Umum, Bandung, 1991
- Standar SNI 03-1726-2002, "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung", Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2001
- Standar SNI 03-2847-2002, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung", Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2001
- Standar SNI 03-1726-2011, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung", Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2011
- American Society of Civil Engineers. 2005. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. ASCE 7-10.
- Chopra, Anil. K., "Dynamic of Structure Theory And Applications To Earthquake Engineering", Prentice Hall Inc., New Jersey, 1995
- Rinaldi. (2006). "Evaluasi Ketahanan Gempa Bangunan Eksisting Tingkat Rendah (SNI 03-1726-1989 dengan SNI 03-1726-2002)", Laporan Penelitian, Universitas Indonesia.
- Maupa, Rheinhardt. (2010). "Studi Komparatif Desain Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Flat Plate System Berdasarkan Tata Cara Pembebanan Gempa SNI 03-1726-2002 Dan ASCE 7-05", ITS Press, Surabaya.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tutorial pemodelan bangunan dengan menggunakan ETABS ver. 9.5.0

Berikut ini adalah contoh pembuatan model struktur bangunan dengan bentang kolom 4.8 meter, jumlah lantai 3 buah, dan rasio P:L adalah 1:1. Dan beban gempa yang digunakan adalah beban gempa SNI'11.

1. Buka program ETABS ver. 9.5.0, pilih File, New Model
 - Lalu masukan data sebagai berikut:



Pilih Grid only, lalu OK.

2. Define Material

- Pilih Define, Material Properties, Concrete, Modify.
- Untuk beton dengan $f_c' = 25$, maka harus dimasukan data sebagai berikut:

Material Property Data

Material Name

Type of Material
 Isotropic Orthotropic

Analysis Property Data
 Mass per unit Volume
 Weight per unit Volume
 Modulus of Elasticity
 Poisson's Ratio
 Coeff of Thermal Expansion
 Shear Modulus

Display Color
 Color

Type of Design
 Design

Design Property Data (ACI 318-05/IBC 2003)
 Specified Conc Comp Strength, f'c
 Bending Reinf. Yield Stress, fy
 Shear Reinf. Yield Stress, fys
 Lightweight Concrete
 Shear Strength Reduc. Factor

OK Cancel

3. Define Elemen Struktur

Berikut adalah langkah-langkahnya:

a. Kolom

Pilih Define, Frame Section, lalu pada scroll box, pilih add rectangular.

Lalu isi data sebagai berikut:

Rectangular Section

Section Name

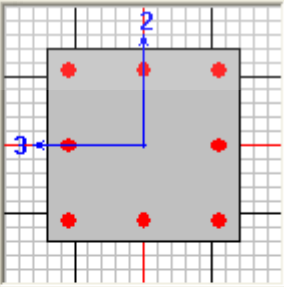
Properties **Property Modifiers** **Material**

Dimensions
 Depth (t3)
 Width (t2)

Concrete

Display Color

OK Cancel



Lalu atur set modifier untuk kolom sebagai berikut:

Property Modifiers	Value
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0.7
Moment of Inertia about 3 axis	0.7
Mass	1
Weight	1

Untuk tulangan, masukkan data sebagai berikut:

Design Type	Value
Column	Selected
Beam	Not Selected

Configuration of Reinforcement	Value
Rectangular	Selected
Circular	Not Selected

Lateral Reinforcement	Value
Ties	Selected
Spiral	Not Selected

Rectangular Reinforcement	Value
Cover to Rebar Center	0.0625
Number of Bars in 3-dir	3
Number of Bars in 2-dir	3
Bar Size	25d
Corner Bar Size	25d

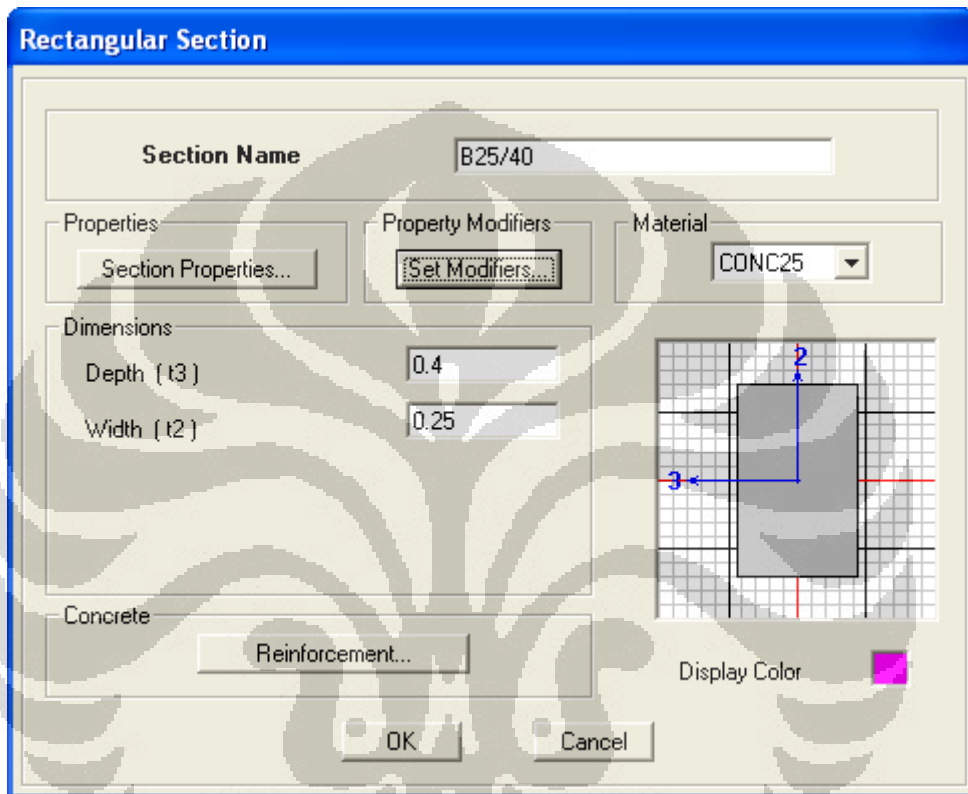
Check/Design	Value
Reinforcement to be Checked	Not Selected
Reinforcement to be Designed	Selected

Lalu pilih OK.

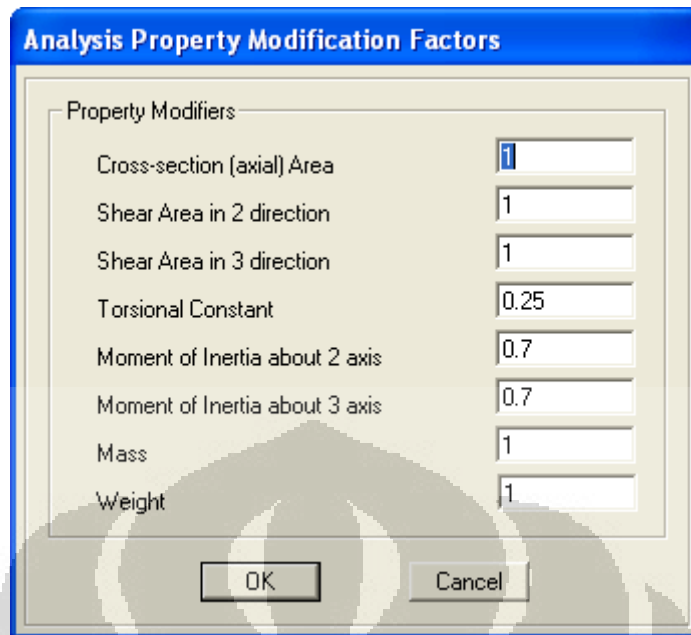
b. Balok

Pilih Define, Frame Section, lalu pada scroll box, pilih add rectangular.

Lalu isi data sebagai berikut:



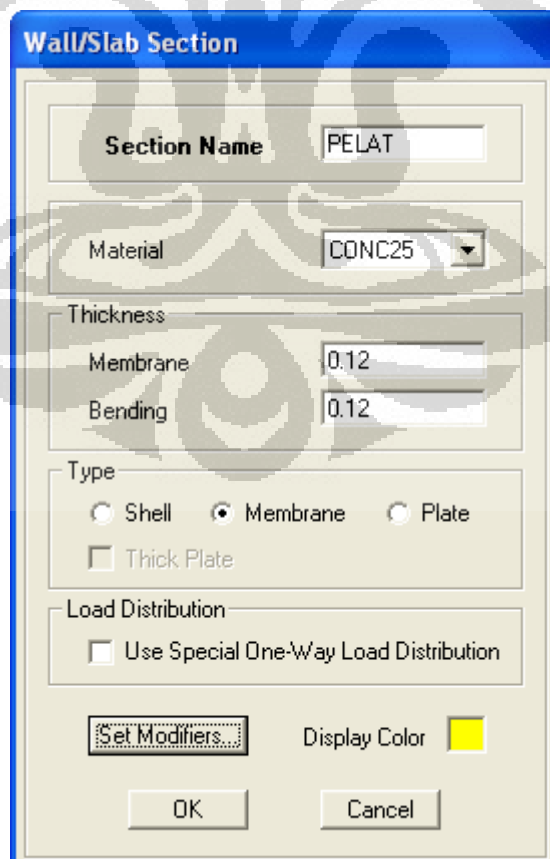
Atur set modifier untuk balok sebagai berikut:



c. Pelat

Pilih Define, Wall/Slab/Deck, Add New Slab

Lalu masukkan data sebagai berikut:



4. Menginstall elemen struktur

a. Kolom

- Pilih toolbar di sebelah kiri, Create Column in Region
- Pilih kolom yang akan digunakan, lalu blok area
- Lakukan pada setiap lantainya

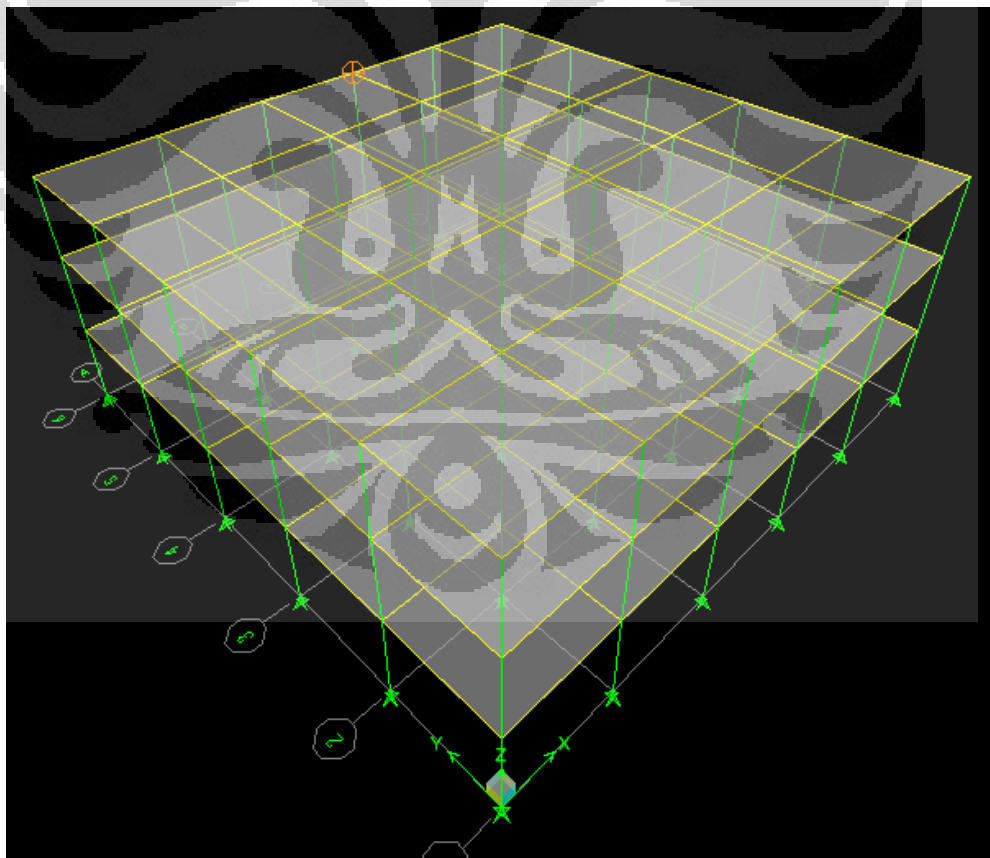
b. Balok

- Pilih toolbar di sebelah kiri, Create Line in Region
- Pada toolbox property, pilih balok yang akan digunakan, lalu blok area
- Lakukan pada setiap lantainya

c. Pelat

- Pilih toolbar di sebelah kiri, Create Areas at Click
- Pada toolbox property, pilih pelat yang akan digunakan, lalu click satu-satu pelat
- Lakukan pada setiap lantainya

Maka hasilnya adalah sebagai berikut:



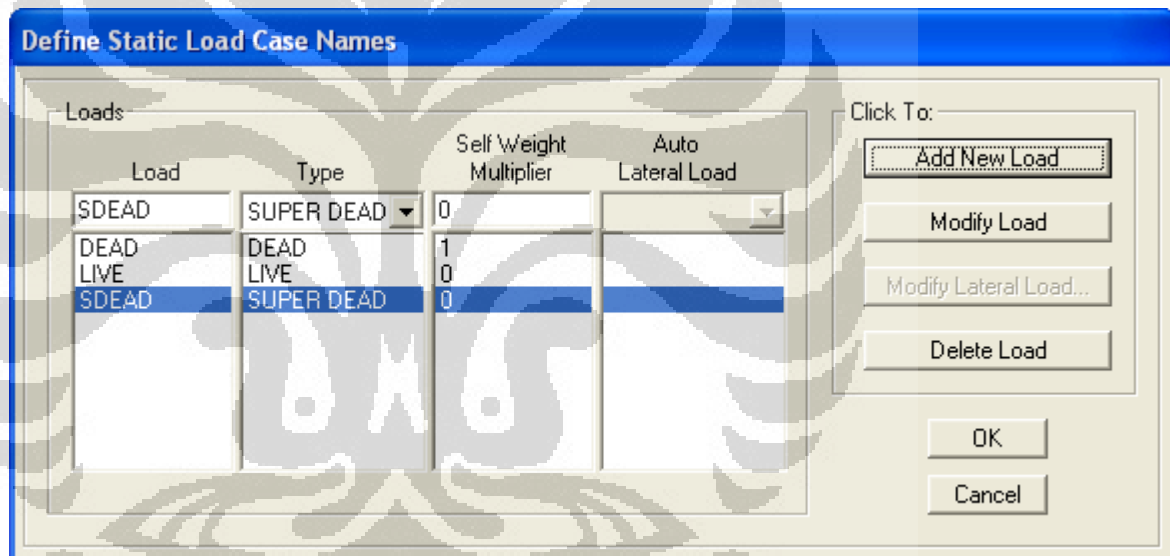
5. Mengganti perletakan

- Klik toolbar “set plan view” yang terletak di atas, pada toolbox set plan level pilih BASE
- Blok area, lalu pilih menu Assign, Joint/Point, Restraint, lalu pilih perletakan jepit

6. Menentukan static load cases

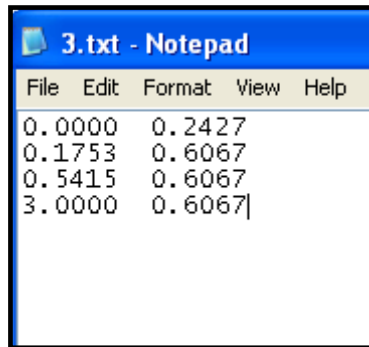
- Pilih define, static load cases
- Lalu pada toolbox load, ketikkan SDEAD
- Pada toolbox type, pilih super dead
- Pada toolbox set weight multiplier, masukkan angka 0
- Lalu add new load

Sehingga akan didapat tampilan seperti berikut:



7. Memasukkan beban gempa

Untuk memudahkan, maka sebaiknya beban gempa di masukkan ke dalam note pad (file dengan ekstensi .txt), seperti contoh berikut

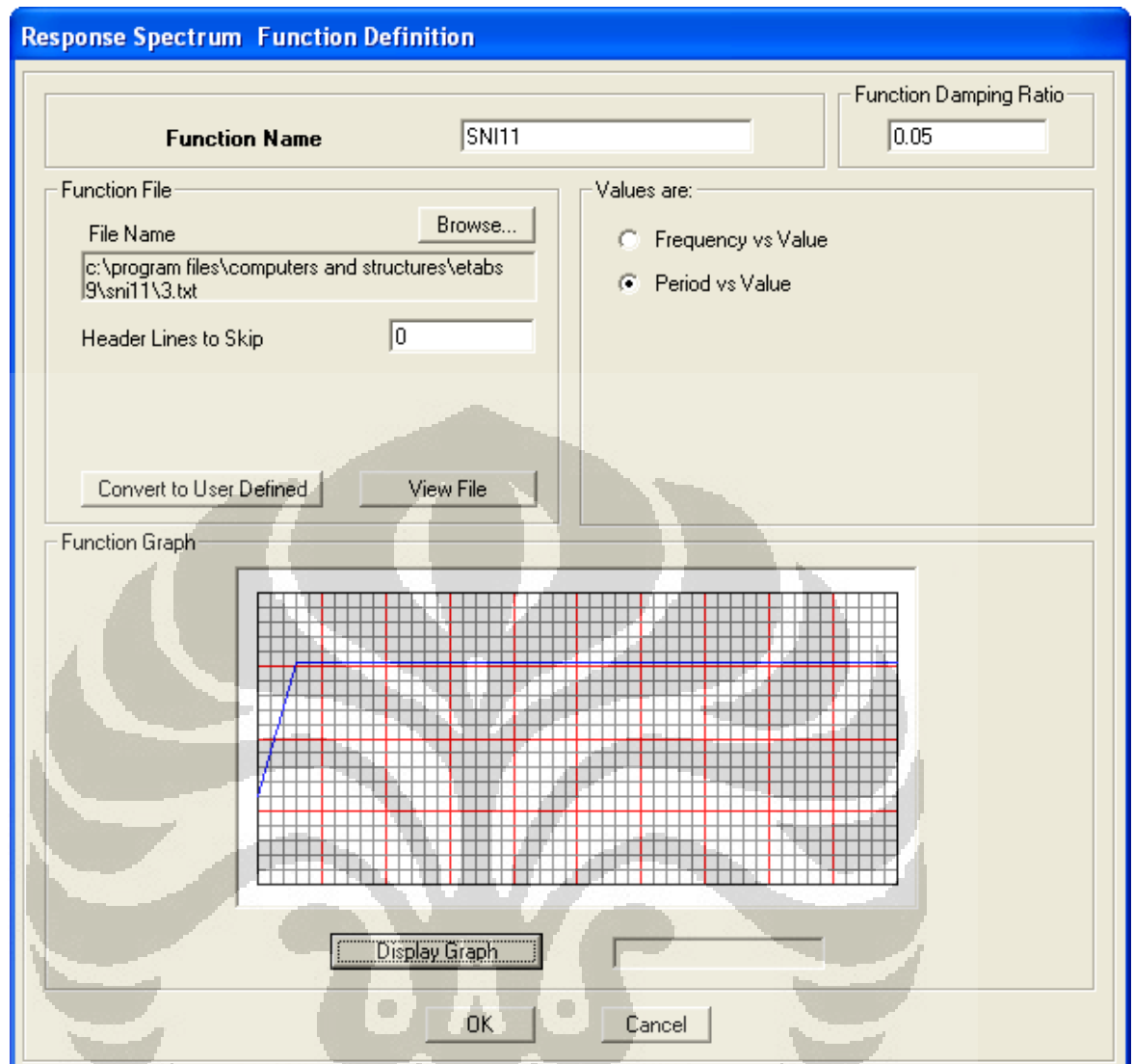


File	Edit	Format	View	Help
0.0000	0.2427			
0.1753	0.6067			
0.5415	0.6067			
3.0000	0.6067			

Kolom pertama menunjukkan waktu, sedangkan kolom kedua menunjukkan percepatan respons spektrum.

Untuk memasukkan beban gempa, ikuti langkah berikut ini:

- Pilih define, response spektrum functions
- Pada scroll box yang ada, pilih spektrum from file – add new function
- Lalu panggil (browse) file beban gempa yang telah di buat
- Lalu pada kotak values are, pilih “period vs value)
- Lalu pilih display graph, sehingga akan didapatkan tampilan sebagai berikut:



8. Mendefinisikan Respons Spektrum Cases

- Pilih define, response spektrum cases
- Pilih add new spektrum, lalu masukkan data SPEC1 sebagai berikut

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name

Structural and Function Damping
 Damping

Modal Combination
 CQC SRSS ABS GMC
 f1 f2

Directional Combination
 SRSS
 ABS Orthogonal SF
 Modified SRSS (Chinese)

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	SNI11	1.22625
U2		
UZ		

Excitation angle

Eccentricity
 Ecc. Ratio (All Diaph.)
 Override Diaph. Eccen.

- Lalu pilih add new spektrum, lalu masukkan data SPEC2 sebagai berikut

Response Spectrum Case Data

Spectrum Case Name

Structural and Function Damping
Damping

Modal Combination
 CQC SRSS ABS GMC
 f1 f2

Directional Combination
 SRSS
 ABS Orthogonal SF
 Modified SRSS (Chinese)

Input Response Spectra

Direction	Function	Scale Factor
U1	<input type="text"/>	<input type="text"/>
U2	SNI11	1.22625
UZ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Excitation angle

Eccentricity
 Ecc. Ratio (All Diaph.)
 Override Diaph. Eccen.

*Scale factor dihitung dengan cara membagi faktor keutamaan gedung ($I = 1$) dengan koefisien modifikasi respons bangunan ($R=8$), lalu di kali dengan percepatan gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)

$$\text{Scale factor} = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,22625$$

9. Memasukkan reduksi beban hidup

- Pilih option, preferences, live load reduction
- Lalu pada kolom method, pilih “user defined by stories supported”, lalu pilih define

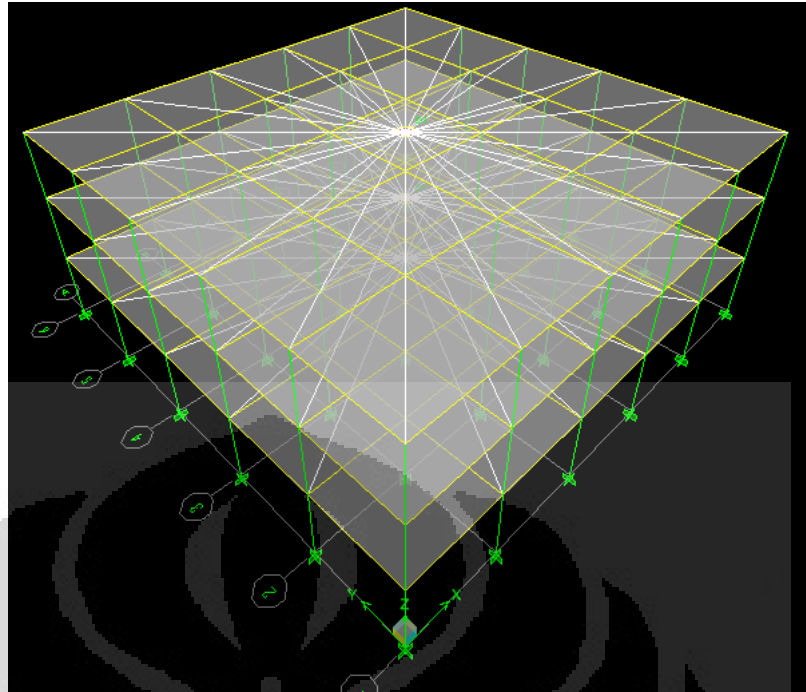
- Masukkan data sebagai berikut

Number of stories supported	Reduction factor
1	1
2	1
3	0,9
4	0,8
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8	0,4
9	0,4
10	0,4

- Lalu pilih OK

10. Membuat pelat menjadi rigid diafragma

- Pilih select, by wall/slab/deck sections, pelat, OK
- Pilih assign, shell/area, diaphragm, modify, rigid, OK
- Maka tampilannya akan menjadi seperti berikut:



11. Menetapkan rigid zone factor

- Pilih select, all
- Pilih assign, frame/line, end (length) offsets
- Masukkan nilai rigid zone factor sebesar 0,5
- Lalu OK

12. Memasukkan beban hidup dan beban mati pada pelat

- Pilih select, wall/slab/deck sections, pelat
- Pilih assign, shell/area load, uniform
- Untuk beban SDEAD, masukkan nilai sebesar 0,8927, lalu OK
- Pilih select, wall/slab/deck sections, pelat
- Pilih assign, shell/area load, uniform
- Untuk beban live, masukkan nilai sebesar 2,4525, lalu OK
- Lalu buka tampilan plan view, untuk lantai paling atas
- Klik setiap pelat yang berada di lantai paling atas
- Pilih assign, shell/area load, uniform
- Untuk beban live, masukkan nilai sebesar 0,981, lalu OK

13. Mendefinisikan mass source

- Pilih define, mass source, form loads

- Lalu masukkan data sebagai berikut:

Define Mass Source

Mass Definition

- From Self and Specified Mass
- From Loads
- From Self and Specified Mass and Loads

Define Mass Multiplier for Loads

Load	Multiplier
SDEAD	1
DEAD	1
LIVE	0.3
SDEAD	1

Add
Modify
Delete

Include Lateral Mass Only
 Lump Lateral Mass at Story Levels

OK Cancel

Lampiran 2. Tabel Perbedaan SNI 03-1726-1989, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-1726-2011

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
1	Gempa rencana dengan periode ulang 200 tahun	Gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun	Gempa rencana dengan periode ulang 2500 tahun.	Makin panjang periode ulang suatu gempa, makin besar juga pengaruh gempa tersebut pada struktur bangunan
2	Umur bangunan 20 tahun	Umur bangunan 50 tahun	Umur bangunan 50 tahun	Semakin besar umur bangunan, maka faktor keutamaan juga akan semakin membesar
3	<p>Prinsip - prinsip perencanaan struktur daktail tahan gempa dan pendetailannya:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daktilitas, struktur dianggap daktail bila memenuhi syarat-syarat ini. - Pemencaran Energi, penempatan sendi plastis yang disyaratkan pada balok. - Simetri, tonjolan tidak lebih besar dari 0,25 panjang dan lebar denah bangunan. - Loncatan Bidang Muka, tidak kurang dari 75% ukuran terbesar denah. - Keseragaman Kekakuan Tingkat, perbandingan berat lantai dan kekakuan lantai-i tidak boleh berselisih lebih dari 50% terhadap nilai rata-rata tersebut. Sedangkan untuk analisis dinamik 25%. Mengambil momen rencana 75% bruto. - Diafragma dan Ikatan Lantai, membagi beban geser ke unsur penahan lateral. - Hubungan Dinding Antar Lantai dan Atap, penjangkaran dinding untuk mendukung dinding terhadap lateral. 	<p>Menentukan struktur gedung beraturan dan tidak beraturan ditentukan dengan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tinggi tidak lebih 10 tingkat atau 40 m. - Denah tanpa tonjolan, tidak lebih dari 25% panjang dan lebar denah bangunan. - Denah tanpa coakan sudut, tidak lebih dari 15% panjang dan lebar denah bangunan. - Sistem struktur terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral. - Sistem tanpa loncatan bidang muka, tidak kurang dari 75% ukuran terbesar denah bangunan. - Kekakuan lateral yang beraturan, tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. - Sistem unsur-unsur vertikal dari penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya. - Sistem lantai tingkat menerus, tanpa lubang atau bukaan, luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Lubang dan bukaan tidak boleh melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya. 	<p>Menentukan struktur gedung beraturan dan tidak beraturan ditentukan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ketidakberaturan horisontal (ketidak-beraturan torsi, ketidakberaturan torsi berlebihan, ketidakberaturan sudut dalam, ketidakberaturan diskontinuitas diafragma, ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang), ketidakberaturan sistem nonparalel. - Ketidakberaturan vertikal (ketidak-beraturan kekakuan tingkat lunak, ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak berlebihan, ketidakberaturan berat, ketidakberaturan geometri vertikal, diskontinuitas arah bidang dalam ketidakberaturan elemen penahan gaya lateral vertikal, diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat, diskontinuitas dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat yang berlebihan). <p>Setiap ketidakberaturan yang terjadi pada struktur berakibat pada penerapan kategori desain seismik</p>	<p>Pada dua peraturan terdahulu, keberaturan gedung dibatasi oleh ketinggian struktur, sedangkan pada peraturan yang baru tidak dibatasi. Pada peraturan yang baru, ketidakberaturan dikelompokkan menjadi dua, yaitu ketidakberaturan horisontal dan ketidakberaturan vertikal, dengan perincian yang dijelaskan di dalam tabel 10 dan 11 SNI 03-1726-2011 (Ketidakberaturan horisontal dan vertikal pada struktur)</p> <p>Persyaratan pemakaian metode analisis pada peraturan lama secara umum sama persis dengan peraturan baru.</p>

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
	<p>- Hubungan Antar Pondasi, gaya aksial tarik dan tekan 10% beban vertikal maksimum.</p> <p><i>Jika bangunan sampai tinggi 40 m dan memenuhi syarat daktail dan pendetailan, maka dapat menggunakan analisis statik ekuivalen, sedangkan untuk sebaliknya menggunakan analisis dinamik.</i></p>	<p><i>Jika memenuhi persyaratan diatas maka dapat menggunakan analisis statik ekuivalen, sedangkan untuk sebaliknya menggunakan analisis respons dinamik.</i></p>	<p>yang berbeda.</p>	
4	<p>Gaya geser dasar nominal (V)</p> $V = C_d \cdot W_t = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$ <p>Cd : Koef. gempa dasar modifikasi C : Koef. Gempa dasar perencanaan I : Faktor keutamaan dari gedung K : Faktor jenis struktur Wt : Beban vertikal total</p>	<p>Gaya geser dasar nominal (V)</p> $V = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot W_t$ <p>C₁ : Nilai faktor respons gempa dari spektrum respons gempa rencana waktu getar alami fundamental R : Faktor reduksi gempa terhadap elastisitas, beban nominal dan faktor daktilitas struktur</p>	<p>Gaya geser dasar nominal (V)</p> $V = C_s \cdot W$ <p>C_s : koefisien respons seismik W : berat seismik efektif</p>	<p>Pada peraturan lama, nilai faktor respons gempa didapat dari grafik respons spektrum yang diberikan sedangkan pada peraturan baru, koefisien respons seismik ditentukan dari nilai S_{DS} atau S_{DI} yang di dapat dari peta gempa.</p>
5	<p>Beban statik ekuivalen (Fi)</p> $F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_i \cdot z_i} V$ <p>- Fi terbagi pada setiap lantai-i bangunan + Bangunan perbandingan H/B ≥ 3 → 0,1V(lantai teratas), 0,9V(dibagi per lantai) + Cerobong → 0,2V(elevasi teratas), 0,8V(dibagi per lantai) + Tangki diatas menara → Fi = V(titik berat massa)</p>	<p>Beban statik ekuivalen (Fi)</p> $F_i = \frac{W_i \cdot z_i}{\sum W_i \cdot z_i} V$ <p>- Fi terbagi pada setiap lantai-i bangunan + Bangunan perbandingan H/B ≥ 3 → 0,1V(lantai teratas), 0,9V(dibagi per lantai) + Tangki diatas menara → Fi = V(titik berat massa) Beban gempa nominal statik ekuivalen tersebut dapat dianalisis dengan metode analisis statik 3 dimensi biasa (analisis statik ekuivalen 3 dimensi)</p>	<p>Beban statik ekuivalen (Fi)</p> $F_x = C_{vx} V$ <p>dan</p> $C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$ <p>Keterangan C_{vx} : faktor distribusi vertikal V : gaya lateral disain total w_i dan w_x : bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x</p>	<p>Pada peraturan yang baru, periode berpengaruh langsung terhadap besarnya distribusi gaya gempa. Selain itu, pada peraturan yang baru juga terdapat perhitungan untuk distribusi horizontal gaya gempa</p>

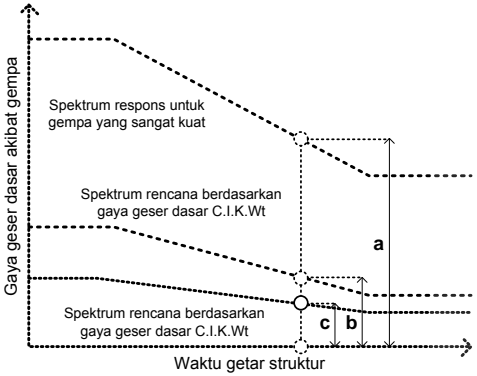
NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan																																																																																														
			<p>h_i dan h_x : tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x</p> <p>k : eksponen yang terkait dengan perioda struktur</p> <p>Distribusi horizontal gaya gempa</p> $V_x = \sum_{i=x}^n F_i$																																																																																															
6	<p>Faktor Keutamaan (I)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori Gedung</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-Gedung monumental</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>-Fasilitas penting</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td>-Fasilitas Migas</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>-Gedung Berbahaya</td> <td>2,0</td> </tr> <tr> <td>-Gedung lain</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori Gedung	I	-Gedung monumental	1,5	-Fasilitas penting	1,5	-Fasilitas Migas	2,0	-Gedung Berbahaya	2,0	-Gedung lain	1,0	<p>Faktor Keutamaan (I)</p> <p>$I = I_1 \cdot I_2$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori Gedung</th> <th>I₁</th> <th>I₂</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-Gedung monumental</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>,</td> <td>,</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Fasilitas penting</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>,</td> <td>,</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Cerobong,tangki</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>,</td> <td>,</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Gedung Berbahaya</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>,</td> <td>,</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6</td> <td>0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>-Gedung umum</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>,</td> <td>,</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>I₁ : Faktor keutamaan periode ulang terhadap probabilitas terjadinya gempa pada umur gedung</p> <p>I₂ : Faktor keutamaan periode ulang terhadap umur</p>	Kategori Gedung	I ₁	I ₂	I	-Gedung monumental	1	1	1,6		,	,			0	6		-Fasilitas penting	1	1	1,4		,	,			4	0		-Cerobong,tangki	1	1	1,5		,	,			5	0		-Gedung Berbahaya	1	1	1,6		,	,			6	0		-Gedung umum	1	1	1,0		,	,			0	0		<p>Faktor Keutamaan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategori risiko</th> <th>Faktor keutamaan gempa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I atau II</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>1,50</td> </tr> </tbody> </table> <p>Keterangan</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis pemanfaatan</th> <th>Kategori risiko</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gedung dengan risiko rendah terhadap jiwa manusia</td> <td>I</td> </tr> <tr> <td>Semua gedung lain</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>Gedung dengan risiko tinggi terhadap jiwa manusia</td> <td>III</td> </tr> <tr> <td>Gedung yang ditujukan untuk fasilitas penting</td> <td>IV</td> </tr> </tbody> </table>	Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa	I atau II	1,0	III	1,25	IV	1,50	Jenis pemanfaatan	Kategori risiko	Gedung dengan risiko rendah terhadap jiwa manusia	I	Semua gedung lain	II	Gedung dengan risiko tinggi terhadap jiwa manusia	III	Gedung yang ditujukan untuk fasilitas penting	IV	<p>Berbeda dengan dua peraturan terdahulu, pada peraturan yang baru, penentuan faktor keutamaan dengan cara mengelompokkan struktur ke dalam kategori risiko. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1 SNI 03-1726-2011 (Kategori risiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa)</p>
Kategori Gedung	I																																																																																																	
-Gedung monumental	1,5																																																																																																	
-Fasilitas penting	1,5																																																																																																	
-Fasilitas Migas	2,0																																																																																																	
-Gedung Berbahaya	2,0																																																																																																	
-Gedung lain	1,0																																																																																																	
Kategori Gedung	I ₁	I ₂	I																																																																																															
-Gedung monumental	1	1	1,6																																																																																															
	,	,																																																																																																
	0	6																																																																																																
-Fasilitas penting	1	1	1,4																																																																																															
	,	,																																																																																																
	4	0																																																																																																
-Cerobong,tangki	1	1	1,5																																																																																															
	,	,																																																																																																
	5	0																																																																																																
-Gedung Berbahaya	1	1	1,6																																																																																															
	,	,																																																																																																
	6	0																																																																																																
-Gedung umum	1	1	1,0																																																																																															
	,	,																																																																																																
	0	0																																																																																																
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa																																																																																																	
I atau II	1,0																																																																																																	
III	1,25																																																																																																	
IV	1,50																																																																																																	
Jenis pemanfaatan	Kategori risiko																																																																																																	
Gedung dengan risiko rendah terhadap jiwa manusia	I																																																																																																	
Semua gedung lain	II																																																																																																	
Gedung dengan risiko tinggi terhadap jiwa manusia	III																																																																																																	
Gedung yang ditujukan untuk fasilitas penting	IV																																																																																																	

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan																																						
		gedung																																								
7	<p>Waktu getar alami gedung (T) $T = 0,085 \cdot H^{3/4}$ (portal baja) $T = 0,06 \cdot H^{3/4}$ (portal beton) $T = 0,09 \cdot H / \sqrt{B}$ (struktur lain)</p> <p>Cek waktu getar (Rayleigh)</p> $T = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}}$ <p>d_i : Simpangan horisontal lantai tingkat-i dari analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa statik ekuivalen pada pusat massa lantai-i</p>	<p>Waktu getar alami gedung (T) - T ditentukan dengan asumsi teknik yang tergantung terhadap jenis tanah, daktilitas struktur (material struktur)</p> <p>Cek waktu getar (Rayleigh)</p> $T_1 = 6,3 \sqrt{\frac{\sum W_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum F_i \cdot d_i}}$ <p>Batasan waktu getar alami $T_1 < \zeta \cdot n$</p> <p>Nilai ζ didapat dari tabel di bawah ini</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wilayah Gempa</th> <th>ζ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,19</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,18</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,16</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,15</td> </tr> </tbody> </table>	Wilayah Gempa	ζ	1	0,20	2	0,19	3	0,18	4	0,17	5	0,16	6	0,15	<p>Periode alami fundamental Periode struktur fundamental, T, dalam arah yang ditinjau harus diperoleh dengan menggunakan struktur dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang teruji.</p> <p>Batasan periode alami fundamental $T_a \leq T \leq C_u(T_a)$ $T_a = C_t h_n^x$</p> <p>Keterangan h_n: ketinggian struktur di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur</p> <p>Nilai C_t dan x diperoleh dari tabel berikut:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipe struktur</th> <th>C_t</th> <th>X</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rangka baja pemikul momen</td> <td>0,0724</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>Rangka beton pemikul momen</td> <td>0,0466</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>Rangka baja dengan bresing eksentris</td> <td>0,0731</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk</td> <td>0,0731</td> <td>0,75</td> </tr> <tr> <td>Semua sistem struktur lainnya</td> <td>0,0488</td> <td>0,75</td> </tr> </tbody> </table> <p>Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Parameter percepatan respons spektral disain pada 1 detik</th> <th>Koefisien C_u</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\geq 0,4$</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>0,3</td> <td>1,4</td> </tr> </tbody> </table>	Tipe struktur	C_t	X	Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8	Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9	Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75	Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75	Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75	Parameter percepatan respons spektral disain pada 1 detik	Koefisien C_u	$\geq 0,4$	1,4	0,3	1,4	<p>Pada peraturan sebelumnya, batasan waktu getar alami ditentukan oleh jumlah tingkat dan nilai koefisien ζ yang bergantung pada wilayah gempa struktur yang ditinjau, sedangkan pada peraturan yang baru, batasan periode alami ditentukan oleh tipe struktur dan percepatan respons spektral disain pada 1 detik.</p> <p>Pada dua peraturan sebelumnya, periode struktur fundamental selalu dibatasi oleh T Rayleigh, sedangkan pada peraturan yang baru tidak lagi.</p>
Wilayah Gempa	ζ																																									
1	0,20																																									
2	0,19																																									
3	0,18																																									
4	0,17																																									
5	0,16																																									
6	0,15																																									
Tipe struktur	C_t	X																																								
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8																																								
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9																																								
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75																																								
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75																																								
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75																																								
Parameter percepatan respons spektral disain pada 1 detik	Koefisien C_u																																									
$\geq 0,4$	1,4																																									
0,3	1,4																																									

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011		Keterangan																																									
			0,2	1,5																																										
			0,15	1,6																																										
			≤0,1	1,7																																										
8	<p>Koefisien gempa dasar (C) Peta gempa (gambar 4.1) - Pembagian wilayah gempa (peta) Wil. 1(terbesar)→Wil.6(terkecil) Respons spektrum gempa (gambar 4.2) - Kurva C setiap bagian wilayah Getar alami(T)→Tanah keras,lunak Tanah lunak, struktur terletak diatas endapan tanah dengan kedalaman yang melampaui nilai-nilai: -Tanah kohesif, kekuatan geser pada kadar air tetap 0,5 kg/cm², kedalaman 6 m. -Tanah kohesif, kekuatan geser pada kadar air tetap 1 kg/cm², kedalaman 9 m. -Tanah kohesif, kekuatan geser pada kadar air tetap 2 kg/cm², kedalaman 12 m. -Tanah butiran terikat sangat padat kedalaman 20 m. Tanah keras, tanah bawah yang lebih dangkal dari batasan diatas.</p>	<p>Koefisien gempa dasar (C) Peta gempa (gambar 4.3) - Pembagian wilayah gempa (peta) Wil. 1(terkecil)→Wil.6(terbesar) Respons spektrum gempa (gambar 4.4) - Metode Kurvatur C Getar alami(T)→Tanah keras, sedang dan lunak - Metode analitis C $A_m = 2,5 A_0$ $A_r = A_m \cdot T_c$ $0 \leq T \leq 0,2 \rightarrow A_0 - A_m$ $0,2 \leq T \leq T_c \rightarrow C = A_m$ $T > T_c \rightarrow C = A_r / T$ Jenis-jenis tanah</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis</th> <th>vs (m/det)</th> <th>N-SPT</th> <th>Su (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tanah Keras</td> <td>vs ≥ 350</td> <td>N ≥ 50</td> <td>Su ≥ 100</td> </tr> <tr> <td>Tanah Lunak</td> <td>175 ≤ vs < 350</td> <td>15 ≤ N < 50</td> <td>50 ≤ Su < 100</td> </tr> <tr> <td>Tanah Lunak</td> <td>vs < 175</td> <td>N ≤ 15</td> <td>Su ≤ 50</td> </tr> <tr> <td>Tanah Khusus</td> <td colspan="3">setiap profil dengan tanah lunak yang tebal Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi</td> </tr> </tbody> </table> <p>Percepatan puncak batuan dasar dan muka tanah untuk wilayah gempa Indonesia</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Wilayah</th> <th>Percepatan puncak</th> <th>Percepatan puncak muka tanah A₀ (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Jenis	vs (m/det)	N-SPT	Su (kPa)	Tanah Keras	vs ≥ 350	N ≥ 50	Su ≥ 100	Tanah Lunak	175 ≤ vs < 350	15 ≤ N < 50	50 ≤ Su < 100	Tanah Lunak	vs < 175	N ≤ 15	Su ≤ 50	Tanah Khusus	setiap profil dengan tanah lunak yang tebal Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi			Wilayah	Percepatan puncak	Percepatan puncak muka tanah A ₀ (g)				<p>Koefisien respons seismik (C_s) $C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$ Nilai C_s yang dihitung di atas tidak boleh melebihi berikut ini: $C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$ C_s harus tidak kurang dari: $C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$ Untuk struktur yang berlokasi di S₁ sama dengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari: $C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$ Klasifikasi situs (pasal 5)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kelas situs</th> <th>Vs (m/det)</th> <th>N̄ atau N_{ch}</th> <th>s_u (kPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SA (batuan keras)</td> <td>> 1500</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>SB (batuan)</td> <td>750–1500</td> <td>N/A</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>SC (tanah)</td> <td>350–750</td> <td>>50</td> <td>≥100</td> </tr> </tbody> </table>	Kelas situs	Vs (m/det)	N̄ atau N _{ch}	s _u (kPa)	SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A	SB (batuan)	750–1500	N/A	N/A	SC (tanah)	350–750	>50	≥100	<p>Pada peraturan gempa yang baru, nilai koefisien respons seismik ditentukan oleh S_{DS} dan S_{D1} yang diperoleh dari peta gempa dengan periode ulang 2500 tahun untuk T = 0,2 detik dan T = 1 detik. Keterangan S_{DS}: parameter percepatan spektrum respons disain dalam rentang periode pendek S_{D1}: parameter percepatan respons disain pada perioda sebesar 1,0 detik R: faktor modifikasi respons I_e: faktor keutamaan hunian T: perioda struktur dasar S₁: parameter percepatan respons maksimum yang dipetakan Berbeda dengan peraturan lama yang hanya mengelompokkan tanah ke dalam 4 jenis tanah (tanah keras, sedang, lunak, dan khusus), maka pada peraturan baru dibedakan menjadi 6 jenis (batuan keras, batuan, tanah keras, tanah sedang, dan tanah khusus).</p>
Jenis	vs (m/det)	N-SPT	Su (kPa)																																											
Tanah Keras	vs ≥ 350	N ≥ 50	Su ≥ 100																																											
Tanah Lunak	175 ≤ vs < 350	15 ≤ N < 50	50 ≤ Su < 100																																											
Tanah Lunak	vs < 175	N ≤ 15	Su ≤ 50																																											
Tanah Khusus	setiap profil dengan tanah lunak yang tebal Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi																																													
Wilayah	Percepatan puncak	Percepatan puncak muka tanah A ₀ (g)																																												
Kelas situs	Vs (m/det)	N̄ atau N _{ch}	s _u (kPa)																																											
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A																																											
SB (batuan)	750–1500	N/A	N/A																																											
SC (tanah)	350–750	>50	≥100																																											

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan																																																																																																													
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gempa</th> <th rowspan="2">batuan dasar</th> <th colspan="3">)</th> </tr> <tr> <th>Tanah Keras</th> <th>Tanah Sedang</th> <th>Tanah Lunak</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,03</td><td>0,04</td><td>0,05</td><td>0,08</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,10</td><td>0,12</td><td>0,15</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,15</td><td>0,18</td><td>0,23</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,20</td><td>0,24</td><td>0,28</td><td>0,34</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,25</td><td>0,28</td><td>0,32</td><td>0,36</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,30</td><td>0,33</td><td>0,36</td><td>0,38</td></tr> </tbody> </table> <p>Spektrum respons gempa rencana</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Wilayah Gempa</th> <th colspan="2">Tanah Keras Tc=0,5det.</th> <th colspan="2">Tanah Sedang Tc=0,6det</th> <th colspan="2">Tanah Lunak Tc=1,0det.</th> </tr> <tr> <th>Am</th> <th>Ar</th> <th>Am</th> <th>Ar</th> <th>Am</th> <th>Ar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,10</td><td>0,05</td><td>0,13</td><td>0,08</td><td>0,20</td><td>0,20</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,30</td><td>0,15</td><td>0,38</td><td>0,23</td><td>0,50</td><td>0,50</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,45</td><td>0,23</td><td>0,55</td><td>0,33</td><td>0,75</td><td>0,75</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,60</td><td>0,30</td><td>0,70</td><td>0,42</td><td>0,85</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,70</td><td>0,35</td><td>0,83</td><td>0,50</td><td>0,90</td><td>0,90</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,83</td><td>0,42</td><td>0,90</td><td>0,54</td><td>0,95</td><td>0,95</td></tr> </tbody> </table>	Gempa	batuan dasar)			Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak	1	0,03	0,04	0,05	0,08	2	0,10	0,12	0,15	0,20	3	0,15	0,18	0,23	0,30	4	0,20	0,24	0,28	0,34	5	0,25	0,28	0,32	0,36	6	0,30	0,33	0,36	0,38	Wilayah Gempa	Tanah Keras Tc=0,5det.		Tanah Sedang Tc=0,6det		Tanah Lunak Tc=1,0det.		Am	Ar	Am	Ar	Am	Ar	1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20	2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50	3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75	4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85	5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90	6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95	<table border="1"> <thead> <tr> <th>keras)</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SD (tanah sedang)</td> <td>175-350</td> <td>15-50</td> <td>50-100</td> </tr> <tr> <td>SE (tanah lunak)</td> <td>< 175</td> <td>< 15</td> <td>< 50</td> </tr> <tr> <td>SF (tanah khusus)</td> <td colspan="3">Tanah yang memiliki salah satu karakteristik berikut (berpotensi gagal saat gempa, lempung sangat organic, lempung berplastisitas tinggi)</td> </tr> </tbody> </table>	keras)				SD (tanah sedang)	175-350	15-50	50-100	SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50	SF (tanah khusus)	Tanah yang memiliki salah satu karakteristik berikut (berpotensi gagal saat gempa, lempung sangat organic, lempung berplastisitas tinggi)			
Gempa	batuan dasar)																																																																																																															
		Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak																																																																																																													
1	0,03	0,04	0,05	0,08																																																																																																													
2	0,10	0,12	0,15	0,20																																																																																																													
3	0,15	0,18	0,23	0,30																																																																																																													
4	0,20	0,24	0,28	0,34																																																																																																													
5	0,25	0,28	0,32	0,36																																																																																																													
6	0,30	0,33	0,36	0,38																																																																																																													
Wilayah Gempa	Tanah Keras Tc=0,5det.		Tanah Sedang Tc=0,6det		Tanah Lunak Tc=1,0det.																																																																																																												
	Am	Ar	Am	Ar	Am	Ar																																																																																																											
	1	0,10	0,05	0,13	0,08	0,20	0,20																																																																																																										
2	0,30	0,15	0,38	0,23	0,50	0,50																																																																																																											
3	0,45	0,23	0,55	0,33	0,75	0,75																																																																																																											
4	0,60	0,30	0,70	0,42	0,85	0,85																																																																																																											
5	0,70	0,35	0,83	0,50	0,90	0,90																																																																																																											
6	0,83	0,42	0,90	0,54	0,95	0,95																																																																																																											
keras)																																																																																																																	
SD (tanah sedang)	175-350	15-50	50-100																																																																																																														
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50																																																																																																														
SF (tanah khusus)	Tanah yang memiliki salah satu karakteristik berikut (berpotensi gagal saat gempa, lempung sangat organic, lempung berplastisitas tinggi)																																																																																																																
9	<p>Faktor jenis struktur (K)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis Struktur Rumah/Gedung</th> <th>Bahan bangunan dari unsur-unsur pemencar energi</th> <th>Faktor jenis struktur K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Portal daktail</td> <td>Beton bertulang</td> <td>1,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Beton pratekan (3)</td> <td>1,4</td> </tr> <tr> <td>Dinding geser (1) berangkai daktail</td> <td>Beton bertulang</td> <td>1,0</td> </tr> </tbody> </table>	Jenis Struktur Rumah/Gedung	Bahan bangunan dari unsur-unsur pemencar energi	Faktor jenis struktur K	Portal daktail	Beton bertulang	1,0		Beton pratekan (3)	1,4	Dinding geser (1) berangkai daktail	Beton bertulang	1,0	<p>Faktor jenis struktur</p> <p><i>tidak langsung dijadikan faktor penggali dari perhitungan gaya geser dasar (V)</i></p> <p>Faktor reduksi gempa (R)</p>	<p>Faktor jenis struktur</p> <p>di atur di dalam tabel 9 SNI 03-1726-2011 (Faktor R, C_d, dan Ω₀ untuk sistem penahan beban seismik). Faktor modifikasi respons yang sesuai, R, faktor kuat lebih sistem, Ω₀, dan faktor pembesaran defleksi, C_d, sebagaimana ditunjukkan dalam tabel harus</p>	<p>δ_m : Simpangan maksimum pada saat mencapai kondisi ambang keruntuhan.</p> <p>δ_y : Simpangan saat pelelehan pertama</p> <p>μ_m : Faktor daktilitas maksimum</p>																																																																																																	
Jenis Struktur Rumah/Gedung	Bahan bangunan dari unsur-unsur pemencar energi	Faktor jenis struktur K																																																																																																															
Portal daktail	Beton bertulang	1,0																																																																																																															
	Beton pratekan (3)	1,4																																																																																																															
Dinding geser (1) berangkai daktail	Beton bertulang	1,0																																																																																																															

NO	SNI 03-1726-1989			SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
	Dinding geser (1) kantilever daktail Dinding geser (1) kantilever dengan daktilitas terbatas Portal dengan ikatan diagonal Struktur kantilever tak bertingkat (5) Cerobong, tangki kecil Struktur lain	Beton bertulang Dinding berongga Beton bertulang Beton bertulang Baja Beton bertulang Beton bertulang	1,2 1,5 2,5 2,5 2,5 3,0 Lihat catatan (4)	<p data-bbox="1101 1184 1525 1215">Diagram beban-simpangan struktur</p> <p data-bbox="1003 1493 1626 1577">Daktilitas struktur bangunan (μ) dan pembebanan gempa nominal</p> $1,0 \leq \left(\mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \right) \leq \mu_m$ <p data-bbox="1151 1709 1478 1740">Pembebanan akibat gempa</p> $V_y = \frac{V_e}{\mu} \quad V_n = \frac{V_y}{f_1} = \frac{V_e}{R}$	<p data-bbox="1703 344 2320 470">digunakan dalam penentuan gaya geser dasar, gaya disain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat disain.</p> <p data-bbox="1682 548 1970 579">Faktor redundansi (ρ)</p> <p data-bbox="1682 596 2341 680">Nilai ρ diijinkan sama dengan 1,0 untuk hal-hal berikut ini:</p> <ul data-bbox="1682 701 2341 1457" style="list-style-type: none"> - Struktur dirancang untuk kategori disain seismik B atau C - Perhitungan simpangan antar lantai dan pengaruh P-delta - Disain komponen non-struktural - Disain struktur non gedung yang tidak mirip dengan bangunan gedung - Disain elemen struktur atau sambungan di mana kombinasi beban dengan faktor kuat lebih berdasarkan pasal 7.4.3 diisyaratkan untuk di disain - Beban diafragma ditentukan menggunakan persamaan 43 - Struktur dengan sistem peredaman - Disain dinding structural terhadap gaya keluar bidang, termasuk sistem angkurnya <p data-bbox="1682 1528 2341 1709">Untuk struktur yang dirancang untuk kategori disain D, E, atau F, ρ harus sama dengan 1,3 kecuali jika satu dari dua kondisi berikut dipenuhi, di mana ρ diijinkan sebesar 1,0:</p> <ol data-bbox="1733 1730 2341 1862" style="list-style-type: none"> Masing-masing tingkat menahan lebih dari 35% geser dasar dalam arah yang ditinjau harus sesuai dengan tabel 12 Struktur dengan denah beraturan di semua 	<p data-bbox="2362 344 2819 428">V_y : Taraf pembebanan pelelehan pertama</p> <p data-bbox="2362 449 2792 480">V_e : Taraf pembebanan maksimum</p> <p data-bbox="2362 501 2763 533">V_n : Taraf pembebanan nominal</p> <p data-bbox="2362 554 2819 638">f_1 : faktor kuat lebih beban dan bahan</p> <p data-bbox="2362 659 2819 743">V_s : Gaya geser dasar nominal subsystem</p> <p data-bbox="2362 764 2819 795">R_s : Faktor reduksi gempa subsystem</p> <p data-bbox="2362 858 2819 1310">Besaran pada grafik beban-simpangan dapat dijabarkan secara analitis, dimana besaran f_1 merupakan rasio dari V_y/V_n, dengan berbagai penelitian berdasarkan unsur struktur berlebih dari banyaknya tulangan dan berlebihnya besaran profil yang terpasang, maka secara representatif nilai f_1 diambil 1,6.</p>

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan																										
	 <p>Perbandingan a/c merupakan bilangan tetap suatu wilayah gempa tertentu, maka makin kecil daktilitas (perbandingan a/b) yang tersedia, semakin besarlah perbandingan b/c (faktor K) harus diberikan sebagai pertimbangannya.</p>	<p>Parameter daktilitas struktur gedung</p> <table border="1" data-bbox="967 443 1478 1066"> <thead> <tr> <th>Taraf kinerja struktur gedung</th> <th>μ</th> <th>R</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Elastik penuh</td> <td>1,0</td> <td>1,6</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Daktil parsial</td> <td>1,5</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>2,0</td> <td>3,2</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>3,0</td> <td>4,8</td> </tr> <tr> <td>3,5</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>4,0</td> <td>6,4</td> </tr> <tr> <td>4,5</td> <td>7,2</td> </tr> <tr> <td>5,0</td> <td>8,0</td> </tr> <tr> <td>Daktil penuh</td> <td>5,3</td> <td>8,5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Jika $\mu = 1$ (elastik penuh) dan $f_1 = 1,6$ Maka, $1,6 \leq (R = \mu \cdot f_1) \leq R_m$</p> $R = \frac{\sum V_s}{\sum (V_s/R_s)} \text{ (representatif subsistem)}$	Taraf kinerja struktur gedung	μ	R	Elastik penuh	1,0	1,6	Daktil parsial	1,5	2,4	2,0	3,2	2,5	4,0	3,0	4,8	3,5	5,6	4,0	6,4	4,5	7,2	5,0	8,0	Daktil penuh	5,3	8,5	<p>tingkat dengan sistem penahan gaya seismik terdiri paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya seismik yang merangkap pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah orthogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35% geser dasar.</p>	
Taraf kinerja struktur gedung	μ	R																												
Elastik penuh	1,0	1,6																												
Daktil parsial	1,5	2,4																												
	2,0	3,2																												
	2,5	4,0																												
	3,0	4,8																												
	3,5	5,6																												
	4,0	6,4																												
	4,5	7,2																												
5,0	8,0																													
Daktil penuh	5,3	8,5																												
10	<p>Perencanaan beban dan kuat terfaktor</p> <p><i>tidak dicantumkan</i></p>	<p>Perencanaan beban dan kuat terfaktor</p> <p><i>- Kekuatan dan pembebanan ultimate</i></p> $\left. \begin{matrix} R_u = \phi \cdot R_n \\ Q_u = \gamma \cdot Q_n \end{matrix} \right\} R_u \geq Q_u$	<p>Perencanaan beban</p> <p>-Kombinasi dasar untuk disain kekuatan:</p> <ol style="list-style-type: none"> $(1,2+0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$ $(0,9-0,2S_{DS})D + \rho Q_E + 1,6 H$ <p>-Kombinasi dasar untuk disain tegangan ijin</p> <ol style="list-style-type: none"> $(1,0+0,14S_{DS})D + H + F + 0,7 \rho Q_E$ $(1,0+0,105S_{DS})D + H + F + 0,525 \rho Q_E +$ 	<p>Pada peraturan yang baru, kombinasi dasar pembebanan untuk disain dan kekuatan untuk beban matinya ditentukan oleh parameter percepatan respons spektrum disain dalam</p>																										

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
		<p align="center">- Kombinasi pembebanan ultimate</p> <p>1. Beban mati dan hidup $Q_u = \gamma_D D_n + \gamma_L L_n$</p> <p>2. Beban mati, hidup dan gempa $Q_u = \gamma_D D_n + \gamma_L L_n + \gamma_E E_n$</p> <p>$D_n, L_n, E_n$: Beban mati, hidup, gempa nominal standar pembebanan</p> <p>$\gamma_D, \gamma_L, \gamma_E$: Faktor beban mati, hidup dan gempa nominal</p>	<p>0,75L + 0,75 (L_r atau R)</p> <p>3. (0,6-0,14S_{DS})D + 0,7 ρQ_E + H</p>	rentang pendek (S _{DS}).
11	<p>Struktur atas dan bawah</p> <p><i>Tidak menjelaskan pembahasan ini</i></p>	<p>Struktur atas dan bawah</p> <ul style="list-style-type: none"> - Struktur atas dari muka tanah atas dan struktur bawah dari muka tanah atas harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa - Struktur atas dan bawah dapat dihitung secara terpisah, dimana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada taraf lantai dasar, sedangkan struktur bawah dianggap struktur tersendiri dengan dibebani kombinasi dari struktur atas, beban gempa yang berasal dari gaya inersia dan tanah . - Gedung tanpa basemen, taraf penjepitan lateral terjadi pada bidang telapak pondasi, bidang telapak pondasi rakit dan bidang atas kepala pondasi tiang. - Struktur atas dan bawah diperhitungkan penjepit tidak sempurna, maka struktur atas harus diperhitungkan terhadap pengaruh deformasi lateral maupun rotasional struktur bawah. - Struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas. Struktur bawah harus tetap diperlakukan 	<p>Struktur atas dan bawah</p> <ul style="list-style-type: none"> -Struktur atas adalah seluruh bagian gedung yang berada di atas muka tanah, sedangkan struktur bawah adalah seluruh bagian struktur yang berada di bawah muka tanah, yang terdiri dari struktur basemen, dan juga struktur fondasi. Seluruh struktur bawah harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa rencana. -Apabila tidak dilakukan analisis interaksi tanah-struktur, struktur atas dan struktur bawah suatu gedung dapat dianalisis terhadap pengaruh gempa rencana secara terpisah di mana struktur atas dapat dianggap terjepit lateral pada taraf lantai dasar. Struktur bawah dapat dianggap sebagai struktur tersendiri yang berada di dalam tanah yang dibebani oleh kombinasi beban-beban seismik yang berasal dari struktur atas, beban seismik yang berasal dari gaya inersia sendiri, dan beban seismik yang berasal dari tanah sekelilingnya. -Pada gedung tanpa basemen, taraf penjepitan lateral 	<p>Secara garis besar, antara peraturan baru dengan peraturan sebelumnya tidak terdapat perbedaan yang begitu besar.</p> <p>Pada perencanaan struktur gedung dengan besmen dalam yang terdiri dari banyak lapis, dihadapi masalah interaksi tanah-struktur yang rumit menyederhanakan masalahnya dengan memisahkan peninjauan struktur atas dari bawah, maka struktur atas dapat dianggap terjepit pada taraf lantai dasar, sedangkan struktur bawah dapat ditinjau sebagai struktur 3D tersendiri di dalam tanah yang mengalami pembebanan dari.struktur atas, dari gaya inersianya sendiri dan dari tanah.</p> <p>Walaupun interaksi tanah-struktur</p>

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
		elastis penuh dan tak tergantung pada tingkat daktilitas struktur atas.	struktur atas dapat dianggap terjadi pada bidang telapak fondasi langsung, bidang telapak fondasi rakit dan bidang atas pur fondasi tiang. -Apabila penjepitan tidak sempurna dari struktur atas gedung pada struktur bawah yang diperhitungkan, maka struktur atas gedung tersebut harus diperhitungkan terhadap terhadap pengaruh deformasi lateral maupun rotasional dari struktur bawahnya.	tidak ditinjau, tetapi kadang-kadang penjepitan yang tidak sempurna pada kaki kolom dan kaki dinding geser diperhitungkan. Jepitan tidak sempurna ini berupa deformasi lateral dan rotasional pada taraf penjepitan, yang kedua-duanya tentu harus diperhitungkan pengaruhnya terhadap struktur atas.
12	<p>Keragaman kekakuan tingkat</p> <p>Struktur dinding geser terhadap pembagian gaya geser tingkat sepanjang tinggi gedung dimana perbandingan antara berat lantai dan kekakuan berselisih lebih dari 25% nilai rata-rata perbandingan tersebut</p>	<p>Struktur penahan beban gempa</p> <ul style="list-style-type: none"> - Semua dari unsur-unsur struktur harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa. - Pengabaian pemikul gempa diperkenankan partisipasi kurang dari 10%, perilaku elastis penuh memiliki simpangan $R/1,6$ kali simpangan akibat beban gempa nominal pada struktur gedung tersebut. - Struktur dengan kombinasi dinding geser dan rangka terbuka, maka Geser nominal gempa dipikul rangka terbuka tidak boleh kurang dari 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah gempanya. 	<p>Struktur penahan beban gempa</p> <ul style="list-style-type: none"> -Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian yang ditunjukkan dalam tabel 9 (Faktor R, C_d, dan Ω_0 untuk sistem penahan beban gaya seismik) -Sistem penahan gaya seismik yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R, C_d, dan Ω_0 harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem yang termuat dalam tabel 9. 	Sama dengan peraturan sebelumnya, pada peraturan baru struktur penahan beban gempa berpengaruh terhadap persyaratan simpangan dari tingkat daktilitas dan gaya geser rangka.
13	<p>Diafragma dan ikatan lantai</p> <p>Harus membagikan beban-beban geser tingkat kepada unsur penahan gempa sebanding dengan kekakuan lateral masing-masing. Sedangkan momen puntir tingkat mengakibatkan gaya geser tambahan didalam unsur-unsur tersebut sebanding dengan</p>	<p>Lantai tingkat sebagai diafragma</p> <ul style="list-style-type: none"> - lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma gempa horisontal. - Lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan 	<p>Lantai tingkat sebagai diafragma</p> <ul style="list-style-type: none"> -analisis struktur harus memperhitungkan kekakuan relative diafragma dan elemen vertikal sistem penahan gaya seismik. Kecuali jika diafragma dapat diidealisasikan baik fleksibel ataupun kaku sesuai pasal 7.3.1.1, 7.3.1.2 atau 7.3.1.3, analisis struktur 	Peraturan lama memberikan syarat terhadap ketidak kakuan akibat lubang/ bukaan dimana luasnya kurang dari 50% luas seluruh lantai tingkat tertentu. Dalam perencanaan peraturan baru

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
	sumbangan masing-masing kepada kekakuan puntir dari tingkat tersebut terhadap pusat kekakuan.	ikatan suatu struktur yang tidak kaku dalam bidangnya, karena mengandung lubang-lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat, akan mengalami deformasi dalam bidangnya akibat beban gempa horisontal, yang harus diperhitungkan pengaruhnya terhadap pembagian beban horisontal keseluruhan sistem struktur	harus secara eksplisit menyertakan peninjauan kekakuan diafragma (asumsi pemodelan semi kaku)	memiliki 3 derajat bebas yaitu translasi arah koordinat dan rotasi pusat lantai sehingga dalam perencanaan dianalisis dengan struktur 3 dimensi secara umum. Pengaruh fleksibilitas lantai tingkat harus diperhitungkan terhadap pembagi beban gempa horisontal kepada keseluruhan. Sedangkan pada peraturan baru, kondisi diafragma dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu diafragma fleksibel, diafragma kaku, dan diafragma fleksibel yang dihitung dengan masing-masing syarat tercantum pada pasal yang bersangkutan.
14	<p>Pengaruh P-delta</p> <p>Dibahas pada simpangan antar tingkat dimana dikhususkan dalam unsur-unsur yang langsing dengan gaya aksial yang berat. Dan dianjurkan memeriksa efek P-delta bilamana hal tersebut kritis</p>	<p>Pengaruh P-delta</p> <p>Struktur yang ditingginya lebih dari 10 tingkat atau 40 m, harus diperhitungkan terhadap pengaruh P-delta, yaitu suatu gejala yang terjadi pada struktur gedung yang fleksibel.</p>	<p>Pengaruh P-delta</p> <p>Pengaruh P-delta tidak diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) sama atau kurang dari 0,1. Koefisien stabilitas dapat dihitung menggunakan persamaan berikut</p> $\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$ <p>Keterangan:</p> <p>P_x : beban disain vertikal total Δ : simpangan antar lantai tingkat disain (mm) I_e : faktor keutamaan V_x : gaya geser seismik yang bekerja di tingkat x dan x-1</p>	<p>Pada peraturan lama, dibutuhkan atau tidak dibutuhkannya pengaruh P-delta tergantung pada ketinggian dari struktur yang ditinjau saja, sedangkan pada peraturan baru, hal ini ditentukan oleh koefisien stabilitas.</p>

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
			h_{sx} : tinggi tingkat di bawah tingkat x C_d : faktor pembesaran defleksi	
15	<p>Pengaruh gempa horisontal</p> <p>-Selama suatu jangka waktu yang pendek selama gempa berlangsung, unsur-unsur struktur dalam kedua arah utama gedung mencapai taraf pelepasan secara bersamaan.</p> <p>-Unsur primer direncanakan pengaruh 100% gempa pada arah utama dan 30% gempa rencana dalam arah tegak lurus nya dan pengaruh grafitasi.</p> <p>Grafitasi $\pm 100\%$ gempa arah x $\pm 30\%$ gempa arah y</p> <p>Grafitasi \pm \square \square gempa arah x $\pm 100\%$ gempa arah x</p> <p><i>diambil kombinasi beban yang berbahaya.</i></p>	<p>Arah pembebanan gempa</p> <p>- Arah utama gempa rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga memberi pengaruh terbesar terhadap unsur seluruh subsistem dan sistem struktur.</p> <p>- Untuk mensimulasi arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur, pengaruh pembebanan gempa pada arah utama 100% dan arah tegak lurus nya dengan efektifitas 30%.</p>	<p>Arah pembebanan gempa</p> <p>-Arah pembebanan gaya seismik yang digunakan dalam disain harus merupakan arah yang menghasilkan beban paling kritis</p> <p>Syarat untuk masing-masing kategori disain seismik berbeda, berikut ini adalah penjabarannya:</p> <p>-Kategori disain seismik B: gaya seismik disain diijinkan untuk diterapkan secara terpisah dalam masing-masing arah dari dua arah orthogonal dan pengaruh interaksi orthogonal diijinkan diabaikan.</p> <p>-Kategori disain seismik C: minimum sesuai dengan kategori desain seismik B dan persyaratan pasal ini. Struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal tipe 5 harus menggunakan prosedur kombinasi orthogonal atau penerapan serentak gerak tanah orthogonal.</p> <p>-Kategori desain seismik D sampai F: minimum sama dengan persyaratan kategori disain seismik C. sebagai tambahan semua kolom atau dinding yang membentuk bagian dari dua atau lebih sistem penahan gaya seismic yang berpotongan dan dikenai beban aksial akibat gaya seismik yang bekerja sepanjang baik sumbu denah utama sama atau melebihi 20 persen kuat aksial kolom atau dinding harus didisain untuk pengaruh beban paling kritis akibat penerapan gaya seismik dalam semua arah,</p>	<p>Pada peraturan baru, arah pembebanan seismik ditentukan oleh kategori disain seismik daerah yang ditinjau. Pada peraturan yang lama, wilayah gempa sama sekali tidak berpengaruh terhadap arah pembebanan gempa.</p>
16	Analisis respons dinamik	Analisis respons dinamik	Analisis respons dinamik	Peraturan sebelumnya memberikan

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
	<ul style="list-style-type: none"> - Struktur tidak beraturan - Gedung loncatan bidang yang bermuka besar - Gedung kekakuan tingkat tidak merata - Gedung tingginya lebih dari 20 m - Gedung yang bentuk, ukuran dan penggunaan tidak umum. <p>Analisis dinamik direncanakan bersifat elastis penuh dan meninjau satu arah saja.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gaya geser nominal nilai akhir respons dinamik struktur (v). <p>Gaya geser dasar ragam pertama (v_1)</p> $V = 0,9 \text{ cd. } W_t$	<ul style="list-style-type: none"> - Perencanaan gempa harus ditentukan melalui analisis respons dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, paling tidak gerak ragam pertama harus dominan dalam translasi. - Daktilitas struktur yang tidak beraturan ditentukan yang representatif mewakili daktilitas struktur 3 dimensi. Digunakan faktor reduksi 2 arah sumbu ortogonal dengan gaya geser dasar : $R = \frac{V_x^0 + V_y^0}{V_x^0/R_x + V_y^0/R_y} \rightarrow R \leq 1,5$ <ul style="list-style-type: none"> - Gaya geser nominal nilai akhir respons dinamik struktur (V) : <p>Gaya geser dasar ragam pertama (V_1)</p> $V_1 = \frac{C_1 I}{R} W_t \rightarrow V \geq 0,8 V_1$	<ul style="list-style-type: none"> - Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedeket 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model <p>Gaya geser dasar ragam pertama (V_1)</p> $V_1 = C_s W \rightarrow V \geq 0,85 V_1$	<p>penjelasan kondisi struktur yang harus dianalisis dengan respon dinamika yang sudah dijabarkan pada syarat bangunan yang tidak memenuhi perencanaan statik ekuivalen diperlukan perhitungan 3 dimensi dengan hasilnya dari vibrasi bebas 3 dimensi pada paling tidak ragam pertama harus dominan dalam translasi dan berpengaruh terhadap daktilitas dari faktor reduksi 2 arah sumbu ortogonal dari gaya geser dasar. Sedangkan pada peraturan yang baru, hal ini ditentukan oleh ketidakberaturan gedung dan juga kategori risiko gedung, seperti yang terdapat pada tabel 13 SNI 03-1726-2011 (Prosedur analisis yang boleh digunakan)</p> <p>Perhitungan gaya geser dinamik pada peraturan sebelumnya tereduksi 0,8, sedangkan pada pertauran yang baru 0,85.</p>
17	<p>Analisis ragam spektrum respons</p> <ul style="list-style-type: none"> - Untuk menentukan koefisien gempa dipakai diagram C (gambar 4.3), untuk $e_c < 0,1$ b. Jumlah ragam 	<p>Analisis ragam spektrum respons</p> <ul style="list-style-type: none"> - Memakai spektrum respons gempa yang nilainya dikalikan dengan faktor koreksi I/R (<i>faktor keutamaan</i>) 	<p>Analisis ragam spektrum respons</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus 	<p>Perhitungan gaya geser dinamik pada peraturan sebelumnya tereduksi 0,8, sedangkan pada pertauran yang baru</p>

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan
	<p>translasi tidak lebih dari 3, dan lainnya tidak boleh kurang dari 5.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kombinasi semua ragam menggunakan SRSS (<i>Square Root of Sum of Squares</i>). Namun, apabila selisih dari ragam memiliki waktu getar alami yang hampir sama besar dengan menggunakan kombinasi ragam ABS (<i>Absolute Sum</i>). - Hasil gaya geser dasar tidak boleh kurang dari 0,9 cd.Wt - Pengaruh momen puntir tingkat, untuk jarak pusat massa dan kekakuan tidak melampaui 0,3 b dapat menggunakan analisis ragam spektrum respons 3 dimensi dengan meninjau paling sedikit 3 ragam getar pertama . - Untuk struktur tak beraturan atau mempunyai tonjolan yang menyolok, jumlah ragam yang ditinjau tidak kurang dari 5. 	<p>dibagi faktor reduksi) sehingga partisi massa dalam menghasilkan respons total lebih dari 90%</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perjumlahan respons ragam memiliki waktu getar yang berdekatan (<i>selisih kurang dari 15%</i>), sehingga diperlukan metode CQC (<i>Complete Quadratic Combination</i>). Sedangkan jika berjauhan maka menggunakan metode SRSS (<i>Square Root of Sum of Squares</i>). - Hasil analisis ragam spektrum respons dalam suatu arah tertentu (V_t), harus dikalikan dengan faktor skala : $\text{Faktor Skala} = \frac{0,8V_1}{V_t} \geq 1$ - Dari diagram gaya geser tingkat nominal dapat ditentukan beban-beban gempa nominal statik ekuivalen (<i>selisih gaya geser tingkat dari 2 tingkat berturut</i>), dan beban tersebut dapat dianalisis dengan statik ekuivalen 3 dimensi biasa. 	<p>menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respons yang ditinjau oleh model</p> <ul style="list-style-type: none"> -Nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metode akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metoda kombinasi kuadrat lengkap (CQC), sesuai SNI 1726. Metoda CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam berjarak dekat mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi. <p>Skala gaya Jika $V \leq 0,85 V_1$, maka gaya harus dikali dengan $0,85V_1/V$</p>	0,85.
18	<p>Analisis respons dinamik riwayat waktu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nilai gaya geser maksimum ditingkat dasar yang didapat dari hasil analisis respons riwayat waktu, nilai numeriknya tetap harus diambil dengan cara beban statik ekuivalen yang tereduksi 10%. - Saran untuk digunakan hasil pencatatan dari 4 gempa berikut ini: El centro 15 Mei 1940 N-S Taft 21 Juli 1952 N-S Almedo 19 Mei 1962 E-W Aomon 16 Mei 1968 E-W 	<p>Analisis respons dinamik riwayat waktu</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dilakukan dengan metode analisis dinamik 3 dimensi berupa analisis respons dinamik linier dan non-linier riwayat waktu dengan suatu akselerogram gempa. - Percepatan tanah asli dari gempa diskalakan ke taraf pembebanan gempa, sehingga nilai percepatan puncak (A) : $A = \frac{A_0 I}{R}$ Faktor skala juga harus dipenuhi, dimana nilai V_t (gaya geser dasar maksimum hasil dari analisis respons riwayat waktu). Redaman yang diambil ialah kritis 5%. 	<p>Analisis respons dinamik riwayat waktu</p> <ul style="list-style-type: none"> -Analisis respons riwayat waktu linear harus terdiri dari analisis model matematis linier suatu struktur untuk menentukan responnya melalui metoda integrasi numeric terhadap kumpulan riwayat waktu percepatan gerak tanah yang kompatibel dengan spektrum respons disain untuk situs yang bersangkutan. -Paling sedikit 3 gerak tanah yang harus digunakan dalam analisis -Analisis respons riwayat waktu non linear harus 	

NO	SNI 03-1726-1989	SNI 03-1726-2002	SNI 03-1726-2011	Keterangan																							
	<p>Hasil pencatatan diatas hendaknya diganti dengan hasil pencatatan gempa Indonesia, apabila hal itu sudah tersedia.</p> <p>- Respons struktur terhadap masing gempa hasil pencatatan harus dikalikan dengan faktor skala (A'), dimana nilainya harus menyebabkan gaya geser maksimum tidak kurang dari 0,9 cd.Wt</p> <p>- Pengaruh momen puntir tingkat dianalisis dengan analisis dinamik 3 dimensi respons riwayat waktu.</p>	<p>- Perilaku pasca-elastik diketahui dengan menggunakan analisis respons dinamika non-linier riwayat waktu, dimana percepatan puncak muka tanah (A_0) diskalakan dengan mengalikan dengan faktor keutamaan (I).</p> <p>- Data akselerogram gempa harus diambil dari rekaman gerakan gempa dengan memiliki kondisi geologi, topografi dan seismotektonik yang mirip. Paling sedikit menggunakan 4 buah akselerogram yang berbeda, dimana salah satunya adalah rekaman gempa El Centro N-S.</p> <p>- Gerakan gempa disimulasikan terhadap parameter waktu getar dominan, konfigurasi spektrum respons, jangka waktu gerakan dan intensitas gempa.</p>	<p>terdiri dari analitis model matematis suatu struktur yang secara langsung memperhitungkan perilaku histerisis nonlinear elemen-elemen struktur untuk menentukan responnya melalui metoda integrasi numeric terhadap kumpulan riwayat waktu percepatan gerak tanah yang kompatibel dengan spektrum respons disain untuk situs yang ditinjau.</p>																								
19	<p>Simpangan antar tingkat</p> <p>- Perbandingan antar simpangan antar tingkat dan tinggi tingkat yang bersangkutan tidak boleh melampaui 0,005, simpangan tersebut tidak boleh lebih dari 2 cm.</p>	<p>Kinerja Batas Layan</p> <p>- Simpangan antar-tingkat akibat gempa merupakan batasan struktur yang telah dibagi faktor skala, dimana membatasi terjadinya kelelahan baja dan peretakan beton yang berlebihan untuk mencegah kerusakan non-struktural dan ketidak-nyamanan penghuni.</p> <p>- Simpangan antar tingkat tidak boleh lebih dari ($0,03/ R$) kali tinggi tingkat atau 30 mm, tergantung yang terkecil</p>	<p>Kinerja Batas Layan</p> <p>Simpangan antar lantai tingkat tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin seperti yang didapat dari tabel berikut:</p> <table border="1" data-bbox="1694 1213 2332 1728"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Struktur</th> <th colspan="3">Kategori risiko</th> </tr> <tr> <th>I atau II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, dan langit-langit</td> <td>0,025h_{sx}</td> <td>0,020h_{sx}</td> <td>0,015h_{sx}</td> </tr> <tr> <td>Struktur dinding geser kantilever batu bata</td> <td>0,010h_{sx}</td> <td>0,010h_{sx}</td> <td>0,010h_{sx}</td> </tr> <tr> <td>Struktur dinding geser batu bata lainnya</td> <td>0,007 h_{sx}</td> <td>0,007h_{sx}</td> <td>0,007h_{sx}</td> </tr> <tr> <td>Semua struktur lainnya</td> <td>0,020h_{sx}</td> <td>0,015h_{sx}</td> <td>0,010h_{sx}</td> </tr> </tbody> </table>	Struktur	Kategori risiko			I atau II	III	IV	Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, dan langit-langit	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}	<p>Pada peraturan terbaru, besarnya simpangan antar lantai tingkat ijin ditentukan oleh kategori risiko gedung yang dianalisis.</p>
Struktur	Kategori risiko																										
	I atau II	III	IV																								
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, dan langit-langit	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}																								
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}																								
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}																								
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}																								