

TUGAS AKHIR

**DISAIN STRUKTUR BAGIAN ATAS GEDUNG BETON
BERTULANG BERLANTAI BANYAK DENGAN OPTIMASI
LETAK DAN TINGGI DINDING GESER (*SHEAR WALL*)
UNTUK STRUKTUR GEDUNG BERATURAN**



Disusun Oleh :
H O E R U L – 41108120038

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA, 2012**

	LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS MERCU BUANA	
---	---	---

Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a : Hoerul

Nomor Induk Mahasiswa : 41108120038

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Judul Tugas Akhir : *Disain Struktur Bagian Atas Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Tinggi Dinding Geser (Shear Wall) untuk Gedung Beraturan.*

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari hasil karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar sarjana saya.

Demikian pernyataan saya ini dibuat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 28 Juli 2012

Yang memberikan Pernyataan,



Hoerul



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG SARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS MERCU BUANA**



Semester : Genap

Tahun Akademik : 2012

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Judul Tugas Akhir : *Disain Struktur Bagian Atas Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Tinggi Dinding Geser (Shear Wall) untuk Gedung Beraturan.*

Disusun oleh :

Nama : Hoerul

NIM : 41108120-038

Jurusan / Program studi : Teknik Sipil / Teknik Sipil dan Perencanaan

Telah diperiksa dan dinyatakan **LULUS** pada sidang sarjana pada tanggal : 03 Agustus 2012.

Jakarta, 03 Agustus 2012

Pembimbing Tugas Akhir

Ir. Zainal Abidin Shahab, MT.

Mengetahui,

Ketua Penguji

Ir. Edifrizal Darma, MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Silvia Indriany, MT.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah adalah kata yang paling utama penulis ungkapkan ketika menyelesaikan tugas akhir ini, karena Allah SWT banyak memberikan kekuatan dan motivasi ketika penulis semakin mendekatkan diri kepada-Nya. Berkat pertolongan Allah SWT penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan sesuai yang diharapkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk kemajuan agama dan bangsa umumnya dan khususnya bagi keluarga.

Sholawat dan salam tetap tercurah buat baginda Rasulullah. Dengan Islam, kita bisa bangga menjadi orang terdepan, bisa mengantarkan kepada akhlak yang mulia meskipun mungkin kita pada hari ini bukanlah para ulama atau para kyai sehingga menjadi baik akhlaknya. Seorang insinyur tidak hanya kecerdasannya dalam berfikir tetapi jika akhlaknya tidak baik, maka dia hanya dipakai oleh manusia hanya dalam konteks keprofesionalitasnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana, dan sekaligus untuk memperoleh gelar sarjana.

Dalam penyajian tugas akhir ini, penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari yang diharapkan. Walaupun demikian, penulis berharap saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada :

1. Ir. Sylvia Indriany, MT. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana.
2. Ir. Zainal Abidin Shahab, MT. selaku Pembimbing dalam penulisan tugas akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
3. Ir. Edifrizal Darma, MT. selaku Ketua Sidang dan sekaligus sebagai Tim Penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
4. DR. Resmi Bestari Muin, selaku Tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

5. Bapak dan Ibu Dosen program studi S1 teknik sipil dan Perencanaan Universitas Mercu Buana yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmunya yang bermanfaat kepada penulis, semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda serta dipanjangkan umurnya.
6. Para pegawai Tata Usaha Fakultas Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah membantu dan memperlancar dalam proses penyediaan dokumen demi terselenggaranya sidang tugas akhir.
7. Isteriku (Kartika Sari Amiliawati) serta putera puteriku yang telah memberikan kesempatan pada papah dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil semoga kalian semua selalu diberikan kesabaran, dimudahkan rezekinya serta selalu dalam lindungan dan bimbingan Allah SWT.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini menjadi bahan acuan bagi para mahasiswa (i) yang ingin menyelesaikan program S1 Teknik Sipil dan Perencanaan khususnya Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa.

Jakarta, 3 Agustus 2012

Penulis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	
ABSTRAK	<i>i</i>
KATA PENGANTAR	<i>ii</i>
DAFTAR ISI	<i>iv</i>
DAFTAR TABEL	<i>viii</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>x</i>
DAFTAR GRAFIK	<i>xiii</i>
DAFTAR NOTASI	<i>xiv</i>
DAFTAR LAMPIRAN	<i>xxii</i>
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Perumusan Masalah	I - 2
1.3 Tujuan Penulisan	I - 2
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I - 3
1.5 Metodologi Penulisan	I - 3
1.6 Sistematika Penulisan	I - 4
1.7 Ilustrasi Konfigurasi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	I - 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Konsep Dasar Perencanaan Gedung Tahan Gempa	II - 1
2.1.1 Sistem Struktur	II - 1
2.1.2 Jenis Beban	II - 2
2.1.3 Defleksi Lateral	II - 4
2.1.4 Gempa Rencana dan Kategori Gedung	II - 4
2.1.5 Analisis Struktur Secara Statik Ekuivalen	II - 5
2.1.6 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons	II - 6
2.1.7 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6
2.1.8 Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6

2.1.9	Daktalitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal	II - 7
2.1.10	Eksentrisitas Rencana e_d	II - 8
2.2	Kinerja Struktur Gedung	II - 8
2.2.1	Kinerja Batas Layan (Δ_s)	II - 8
2.2.2	Kinerja Batas Ultimit (Δ_M)	II - 9
2.3	Konsep Dasar Perencanaan Beton Berulang	II - 10
2.3.1	Perencanaan Pelat Beton	II - 10
2.3.2	Perencanaan Balok Beton	II - 12
2.3.3	Sistem Perencanaan Beton	II - 12
2.3.4	Perencanaan Balok Beton pada Tulangan Rangkap	II - 18
2.3.5	Momen Nominal dan Momen Rencana Balok	II - 20
2.3.6	Perencanaan Tulangan Geser/ Begel Balok	II - 22
2.3.7	Dasar Teori Struktur Kolom Beton Bertulang	II - 23
2.3.8	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Kecil	II - 24
2.3.9	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Besar	II - 25
2.3.10	Struktur Kolom Langsing (Kolom Panjang)	II - 26
2.3.11	Kekuatan kolom yang dibebani aksial	II - 27
2.3.12	Diagaram Interaksi	II - 28
2.3.13	Desain Kolom Struktural Beton Khusus (DKBK)	II - 31
2.3.14	Dasar Teori Struktur Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	II - 31
2.3.15	Perencanaan Struktur Dinding Geser	II - 33
2.3.16	Elemen Batas (Boundary System) Shear Wall	II - 35
BAB III	METODOLOGI DAN PERENCANAAN	III - 1
3.1	Flowchart Perencanaan	III - 1
3.2	Pengumpulan dan Studi Kasus	III - 2
3.3	Model Struktur	III - 2
3.4	Studi Kasus 1	III - 4
3.5	Studi Kasus 2	III - 7
BAB IV	PERENCANAAN AWAL (<i>PRELIMINARY DESIGN</i>)	
4.1	Prarencana Pelat Beton	IV - 1
4.2	Prarencana Balok Beton	IV - 6

4.3	Prarencana Struktur Kolom Beton	IV – 9
4.4	Dimensi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	IV - 10

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum	V – 1
5.2.	Data Perencanaan Struktur Gedung	V – 1
5.2.1	Data untuk Analisis	V – 1
5.2.2	Data untuk Desain	V – 2
5.2.3	Hitungan bobot Bangunan, W	V – 3
5.3.	Analisa dan Perencanaan SRPMK terhadap Beban Gempa	V – 4
5.3.1	Taksiran Waktu Getar Alami secara Empiris	V - 4
5.3.2	Menentukan Gaya Geser Dasar Nominal (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 4
5.3.3	Menentukan Gaya Lateral ekuivalen (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 5
5.3.4	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 7
5.3.5	Kontrol terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate	V – 9
5.4.	Analisa dan Perencanaan Sistem Ganda terhadap Beban Gempa	V – 10
5.4.1	Terhadap Konfigurasi Optimasi Letak Dinding Geser`	V -10
5.4.2	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 13
5.4.3	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 1	V – 13
5.4.4	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 2	V – 18
5.4.5	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 3	V – 22
5.5	Grafik Perpindahan antara Tiga Konfigurasi	V – 26
5.5.1	Simpangan Lateral Lantai h	V – 26
5.5.2	Gaya Geser Tingkat, v	V – 27
5.6	Analisa Struktur terhadap Konfigurasi Optimasi Tinggi Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	V – 27
5.6.1	Konfigurasi A	V – 28
5.6.2	Geser Tingkat yang Diserap oleh Shear Wall dan Frame	V – 29

BAB – VI	DESAIN DAN PERENCANAAN	VI – 1
6.1.	Desain Elemen Struktur Lentur SRPMK	VI – 1
6.2.	Desain Penulangan Pelat Lantai	VI – 2
6.2.1	Beban Lantai	VI – 2
6.2.2	Menentukan Momen Desain Pelat Lantai	VI – 3
6.3	Desain Penulangan Balok	VI – 11
6.3.1	Menentukan Momen Desain pada Balok	VI – 13
6.3.2	Kebutuhan Baja Tulangan	VI – 16
6.3.3	Desain Tulangan Geser Balok	VI – 22
6.3.4	Desain Tulangan Senggang untuk Gaya Geser	VI – 24
6.3.5	Pemutusan Tulangan Balok	VI – 28
6.4.	Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK	VI – 30
6.4.1	Desain Penulangan Memanjang Kolom	VI – 31
6.4.2	Desain Kuat Kolom	VI – 36
6.4.3	Desain Pengekangan Kolom	VI – 38
6.4.4	Penulangan Transversal untuk Beban Geser	VI – 39
6.4.5	Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom	VI – 43
6.5.	Desain Hubungan Balok dan Kolom	VI – 45
6.5.1	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tengah pada Baris E	VI – 45
6.5.2	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tepi pada Baris 1F	VI – 46
6.6.	Desain Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK)	VI – 47
6.6.1	Beberapa Prosedur DSBK	VI – 47
6.6.2	Evaluasi Kapasitas Shear Wall dalam Menahan Beban Geser	VI – 48
6.6.3	Evaluasi Kapasitas Boundary Element Shear Wall	VI – 51
BAB – VII	KESIMPULAN DAN SARAN	VII – 1
7,1	Kesimpulan	VII – 1
7.2	Saran	VII – 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 4.1 Dimensi Kolom lantai	IV – 10
Tabel 4.2. Hasil Uji Terhadap Kinerja SRPMK Akibat Beban Gempa Statik	IV – 11
Tabel 5.1 Beban Lantai pada Struktur Rangka	V – 3
Tabel 5.2 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S pada $T=0,73$	V – 6
Tabel 5.3 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B – T pada $T = 1,1$	V – 6
Tabel 5.4 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 7
Tabel 5.5 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 8
Tabel 5.6 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 9
Tabel 5.7 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 10
Tabel 5.8 Beban pada tiap Lantai	V – 11
Tabel 5.9 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S	V – 11
Tabel 5.10 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B - T	V – 12
Tabel 5.11 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 12
Tabel 5.12 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 13
Tabel 5.13 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 14
Tabel 5.14 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 15
Tabel 5.15 Kontrol Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 18
Tabel 5.16 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 19

Tabel 5.17	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 22
Tabel 5.18	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah B – T (Arah X)	V – 23
Tabel 6.1	Penulangan Tipikal Lantai	VI – 9
Tabel 6.2	Momen Lentur untuk Balok Rangka di Muka Kolom	VI – 13
Tabel 6.3	Ringkasan Momen untuk Desain Balok di Baris B11 – 2	VI – 14
Tabel 6.4	Penulangan Balok Rangka pada B11 - 2	VI – 15
Tabel 6.5	Penulangan Balok rangka dalam pada B11-2	VI - 21
Tabel 6.6	Kontrol Beban Pu terhadap Pengaruh Gempa Orthogonal	VI – 23
Tabel 6.7	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 600 x 650 (Lantai 1 - 3) Antara Lantai 1 dan Lantai 2	VI – 32
Tabel 6.8	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 550 x 600 (Lantai 4 - 6) Antara Lantai 4 dan Lantai 5	VI – 32
Tabel 6.9	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 500 x 550 (Lantai 7 - 9) Antara Lantai 7 dan Lantai 8	VI – 32
Tabel 6.10	Kebutuhan Tulangan Tranversal pada Kolom	VI – 36
Tabel 6.11	Gaya Terfaktor pada Kolom	VI – 37
Tabel 6.12	Kebutuhan Tulngan Sengkang pada Tulangan Tranversal Kolom	VI – 39

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1.1 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & E Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.2 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.3 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	I – 7
Gambar 1.4 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	I – 8
Gambar 1.5 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	I – 8
Gambar 2.1 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gaya Gempa	II – 1
Gambar 2.2 Defleksi Lateral	II – 4
Gambar 2.3 Perilaku Dinding Geser (Shearwall) dan Frame dalam menahan beban lateral	II – 10
Gambar 2.4 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Tunggal	II – 13
Gambar 2.5 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 17
Gambar 2.6 Flowchart Hitungan Pembesaran Dimensi Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 18
Gambar 2.7 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	II – 18
Gambar 2.8 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Rangkap)	II – 21
Gambar 2.9 Lokasi Geser Maksimum (V_{ud}) untuk Perencanaan	II – 22
Gambar 2.10 Analisa Tulangan Struktur Kolom	II – 24
Gambar 2.11 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom	II – 29
Gambar 2.12 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom Pendek	II – 30
Gambar 2.13 Strong Kolom Weak Beam Persyaratan Rangka di Wilayah Gempa 5 dan 6	II - 31
Gambar 2.14 Analisa Perencanaan Penulangan Boundary System	II – 36

Gambar 3.1	Flowchart Metodologi Desain Struktur Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Ketinggian Dinding Geser (Shearwall) pada Struktur Beraturan	III – 1
Gambar 3.2	Struktur Bangunan Gedung 9 lantai (36,5 meter)	III – 2
Gambar 3.3	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & G Bentang 2 - 3	III – 4
Gambar 3.4	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 - 3	III – 5
Gambar 3.5	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	III – 6
Gambar 3.6	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	III – 7
Gambar 3.7	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	III – 8
Gambar 4.1	Perencanaan Lantai Beton	IV – 1
Gambar 4.2	Penampang Balok sisi L (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 2
Gambar 4.3	Penampang Balok T (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 3
Gambar 4.4	Perencanaan Balok Beton	IV – 6
Gambar 4.5	Area Pembebanan pada kolom	IV – 8
Gambar 4.6	Rencana Dinding Geser (Shearwall)	IV – 12
Gambar 5.1	Respon Spektrum Gempa Rencana pada WG 5, Tanah Sedang	V – 1
Gambar 5.2	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 14
Gambar 5.3	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 18
Gambar 5.4	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 22
Gambar 5.5	Tipikal optimasi Shearwall pada denah lantai	V – 28
Gambar 5.6	Frame & Sistem Ganda pada Lantai 9	V – 28
Gambar 6.1	Tributary Area untuk balok B11 – 2 dan Balok Tepi B 2-2	VI – 1
Gambar 6.2	Tipikal Penulangan Lantai	VI – 11
Gambar 6.3	Koefisien Momen dan Geser Pasal 10.3.3(5)	VI – 11
Gambar 6.4	Momen yang bekerja pada Balok dalam B baris 3 akibat Gempa arah B – T	VI - 13

Gambar 6.5	Sketsa Penulangan Penampang – Penampang Kritis Balok	VI – 21
Gambar 6.6	Desain Gaya Geser Balok Ujung Rangka pada Lantai 2 baris 3	VI – 24
Gambar 6.7	Diagram Momen untuk Penghentian Tulangan Negatif pada Perletakan Interior	VI – 29
Gambar 6.8	Detailing Penulangan Lentur dan Geser pada Balok B11-2	VI – 30
Gambar 6.9	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C12	VI – 33
Gambar 6.10	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C9	VI – 34
Gambar 6.11	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 34
Gambar 6.12	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C27	VI – 35
Gambar 6.13	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 35
Gambar 6.14	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C8	VI – 36
Gambar 6.15	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 2	VI – 38
Gambar 6.16	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 3	VI – 40
Gambar 6.17	Detail Penulangan Kolom Tengah C antara Lantai 3 dan lantai 4	VI – 42
Gambar 6.18	Detailing Penulangan Kolom Tengah C12 lantai 1 dan Lantai 2	VI - 44
Gambar 6.19	Analisa Geser dari HBK Kolom Tengah C12 di Baris B	VI – 46
Gambar 6.20	Analisa Geser dari HBK Kolom Sisi tepi C9 di Baris A	VI – 47
Gambar 6.21	Kebutuhan Tulangan Longitudinal lantai 2	VI – 48
Gambar 6.22	Cek Kapasitas Elemen Batas (Boundary Sistem)	VI – 52
Gambar 6.23	Diagram Interaksi Disain Kekuatan Shearwall	VI – 52
Gambar 6.24	Diagram Pn-Mn untuk Shear Wall	VI – 53
Gambar 6.25	Detail Tulangan Komponen Batas untuk Shear Wall	VI – 54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S	V – 16
Grafik 5.2.	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 17
Grafik 5.3	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 20
Grafik 5.4	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 21
Grafik 5.5	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 24
Grafik 5.6	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V - 25
Grafik 5.7	Besar δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 26
Grafik 5.8	Besar V_{sw} pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 27
Grafik 5.9	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 29



DAFTAR NOTASI

SNI 03-2847-2002 : Tatacara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

Pasal 5 : Bahan

- f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 f_s adalah Tegangan tarik baja tulangan adalah $\epsilon_s \cdot E_s$, MPa.
 ϵ_{cu} adalah regangan tekan beton maksimum adalah 0,003
 ϵ_y adalah regangan tarik baja tulangan pada saat leleh

Pasal 6 : Persyaratan keawetan beton

- f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.

Pasal 9 : Detail Penulangan

- d adalah tinggi efektif penampang balok, mm
 d_s adalah jarak antara titik berat tulang tarik dan tepi serat beton tarik, mm.

Pasal 10 : Analisis dan Perencanaan

- A_s adalah luas tulangan tarik non-prategang, mm².
 A_s' adalah luas tulangan tekan non-prategang, mm².
 d adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
 b adalah lebar penampang balok, mm.
 E_c adalah Modulus elastisitas beton $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa
 E_s adalah Modulus elastisitas baja tulangan, $2 \cdot 10^5$ MPa
 f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.
 f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 l_n adalah bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang – bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negative.
 V_c adalah kuat geser nominal yang ditahan oleh beton, kN.
 w_u adalah beban terfaktor perunit panjang dari balok atau perunit luas pelat.
 w_c adalah berat satuan beton, kg/m³.

β_1	adalah faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen. Bergantung pada Pasal 12.2.7
ρ	adalah rasio tulangan tarik non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ'	adalah rasio tulangan tekan non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ_b	adalah rasio tulangan dalam kondisi balance.
ϕ	adalah faktor reduksi kekuatan

Pasal 11 : Ketentuan mengenai kekuatan dan kemampuan layan

A_g	adalah luas bruto penampang kolom, mm^2 .
D	adalah beban mati
L	adalah beban hidup
d'	adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
I_g	adalah momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya dengan mengabaikan tulangan., mm^4 .
P_b	adalah kuat beban aksial nominal pada saat kondisi balance, N.
P_n	adalah kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas diberikan, N.
P_u	adalah kuat beban aksial perlu pada eksentrisitas diberikan, $\leq \phi P_n$
α	adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

Pasal 12 : Beban Lentur dan Aksial

A_{sk}	adalah luas tulangan longitudinal pada sisi badan penampang , mm^2/m
$A_{s,min}$	adalah luas tulangan minimum lentur , mm^2 .
A_{st}	adalah luas total tulangan longitudinal, mm^2 .
A	adalah Tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen adalah $\beta_1 \cdot c$, (mm)
b_w	adalah lebar badan, mm
c	adalah jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm.
c_c	adalah selimut bersih dari permukaan tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur, mm

h adalah tinggi penampang balok, mm.

Pasal 13 : Geser

V_r adalah gaya geser rencana, kN.

V_n adalah kuat geser nominal, kN.

V_s adalah gaya geser yang ditahan oleh begel, kN.

Pasal 14 : Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

M_n adalah kuat momen nominal aktual, kN.m.

M_u adalah kuat momen perlu, kN.M

K adalah faktor Momen Pikul, MPa

T_s adalah gaya tarik baja tulangan, kN.

n adalah jumlah batang tulangan yang akan disalurkan Lewatan disepanjang bidang retak

Pasal 15 : Sistem pelat dua arah

x adalah diemnsi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi suatu penampang, mm.

y adalah diemnsi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian persegi suatu penampang, mm.

α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

α_m adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

α_1 adalah α dalam arah l_1 .

α_2 adalah α dalam arah l_2 .

Pasal 23 : Ketentuan Khusus untuk perencanaan Gempa

A_{ch} adalah luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal, mm².

A_{sh} adalah luas penampang total tulangan transversal (termasuk sengkang pengikat) dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi h_c , mm².

**SNI – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan
Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**

- A Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung.
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- A_o Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh Gempa Rencana yang bergantung pada Wilayah Gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada.
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- b Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat yang ditinjau, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa; dalam subskrip menunjukkan struktur bawah.
- c Dalam subskrip menunjukkan besaran beton.
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertical nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
- d Dalam subskrip menunjukkan besaran desain atau dinding geser.
- d_i Simpangan horisontal lantai tingkat i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai-lantai tingkat.
- D_n Beban mati nominal yang dapat dianggap sama dengan beban mati rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.

e	Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
e_d	Eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung.
E_c	Modulus elastisitas beton
E_n	Beban gempa nominal yang nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh faktor daktilitas struktur gedung μ yang mengalaminya dan oleh faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 yang terkandung di dalam struktur gedung tersebut.
E_s	Modulus elastisitas baja (= 200 GPa)
f	Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.
f_1	Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.
f_2	Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serempak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
F_b	Beban gempa horisontal nominal statik ekuivalen akibat gaya inersia sendiri yang menangkap pada pusat massa pada taraf masing-masing lantai besmen struktur bawah gedung.
F_i	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung.
F_p	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada titik berat massa unsur sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin dan listrik dalam arah gempa yang paling berbahaya.

g	Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling.
i	Dalam subskrip menunjukkan nomor lantai tingkat atau nomor lapisan tanah.
I	Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu.
I_1	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
I_2	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
k	Dalam subskrip menunjukkan kolom struktur gedung.
K_p	Nilai koefisien pembesaran respons unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik, bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya terhadap taraf penjepitan lateral.
L_n	Beban hidup nominal yang dapat dianggap sama dengan beban hidup rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
m	Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.
M	Momen lentur secara umum.
M_{gm}	Momen guling maksimum dari struktur atas suatu gedung yang bekerja pada struktur bawah pada taraf penjepitan lateral pada saat struktur atas berada dalam kondisi di ambang keruntuhan akibat dikerahkannya faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur atas, atau akibat pengaruh momen leleh akhir sendi-sendi plastis pada kaki semua kolom dan semua dinding geser.
M_n	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, atau akibat pengaruh momen leleh sendi plastis yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 .
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.

R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
R_m	Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.
R_n	Kekuatan nominal suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan nominal unsur-unsurnya, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor reduksi.
R_u	Kekuatan ultimit suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan ultimit unsur-unsurnya, yaitu kekuatan nominal yang masing-masing dikalikan dengan faktor reduksi.
T	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
V	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut.
W_i	Berat lantai tingkat ke-i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
W_t	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
Z_i	Ketinggian lantai tingkat ke-i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
δ_y	(delta-y) Simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat terjadinya pelelehan pertama.
ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa.
μ (mu)	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Notasi Tambahan

M_i	adalah Momen (tumpuan atau lapangan) pada arah bentang i , kNm.
C_i	adalah koefisien momen sesuai arah bentang i ,
q	adalah beban terbagi rata yang bekerja pada pelat, kN/m ² .
l_x	adalah bentang arah x (bentang pada sisi pelat yang pendek), m
l_y	adalah bentang arah y (bentang pada sisi pelat yang panjang), m
M_n	adalah Momen nominal Aktual penampang balok, kNm.
M_{nc}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan beton, kNm.
M_{ns}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan tulangan, kNm.
M_r	adalah Momen rencana pada penampang balok, kNm.
B	adalah panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau (meter)
H	adalah tinggi puncak bagian utama struktur (meter)
k	adalah faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
l_u	adalah Panjang bentang komponen struktur lentur (balok/pelat) yang diukur dari as-as.
r	adalah jari-jari girasi penampang kolom.
M_1	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih kecil akibat beban tetap pada kolom.
M_2	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih besar akibat beban tetap pada kolom.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A SNI 03-2847-2002 Pasal 23
Kententuan Khusus untuk Perencanaan Gempa
- Lampiran B SNI 03-1726-2002 Standard Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
Struktur Bangunan Gedung
- Lampiran C Tabel 13.2.2 PBI 1971 atau NI-2
- Lampiran D - LISTING P_u , V_u , M_u arah U – S dari program ETABS 9.0
- LISTING P_u , V_u , M_u arah B - T dari program ETABS 9.0
- Lampiran E Gambar Penulangan Lantai



ABSTRAK

Judul : **Disain Struktur Bagian Atas Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Tinggi Dinding Geser (Shear Wall) untuk Gedung Beraturan.**

Nama : Hoerul

NIM : 41108120038

Pembimbing : Ir. Zainal Abiding Shahab, MT.

Tahun : 2012

Dalam mendesain suatu bangunan gedung tingkat tinggi terhadap tahan gempa harus memperhitungkan kekuatan (Strength), kekakuan (Rigidity/Stiffness) dan stabilitas (Stability) pada struktur. Apabila salah satu dari ketiga faktor tersebut diabaikan maka akan terjadi deformasi terhadap salah satu elemen struktur bangunan, yang mengakibatkan ketidakstabilan bangunan dalam menyerap gaya-gaya atau beban-beban yang dipikulnya. Umumnya banyak sekali metode dalam meningkatkan ketiga faktor tersebut di atas salah satu diantaranya adalah penggunaan dinding geser (shearwall). Penggunaan dinding geser (shearwall) dapat dikombinasikan dengan frame, sehingga akan menimbulkan interaksi yang saling mendukung satu sama lain. Perilaku dinding geser sangat berbeda dengan perilaku frame dimana dinding geser akan berdefleksi dalam mode lentur (flexural shape) dengan sudut defleksi atau slope sama dengan nol pada bagian bawah dan mempunyai simpangan terbesar di bagian atasnya.

Dari hasil analisa terhadap tiga konfigurasi letak shearwall dengan denah lantai berukuran 18 meter x 36 meter pada ketinggian gedung 36,5 m (9 lantai) dari lantai dasar menghasilkan suatu konfigurasi yang optimal diantaranya bahwa letak dinding geser (shearwall) terletak pada as B dan E bentang 2 – 3. Hal ini dapat dipahami bahwa besarnya simpangan pada frame arah U-S sebelum menggunakan shearwall menghasilkan simpangan yang melebihi simpangan izin ($\delta_{izin} = 85,88$) yaitu sebesar 127,96 mm. Oleh karena itu dengan adanya penambahan shearwall pada struktur maka simpangan yang dihasilkan 18,88 mm atau 74,29 % gaya lateral yang diserap oleh shearwall dengan ketebalan shearwall 250 mm. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan pada konfigurasi 2 sangat optimal dalam meredam gaya lateral yang diserap oleh shearwall semakin besar.

Sedangkan dari hasil analisa terhadap ketinggian menghasilkan ketinggian optimum sampai 34,5 meter (lantai 8) dari lantai dasar. Hal ini dapat dipahami pula bahwa gaya geser tingkat pada lantai dasar sebesar 68,37% geser yang diserap oleh shearwall dan 31,63% geser yang diserap oleh frame. Sedangkan gaya geser tingkat pada lantai 8 hanya 29,80 % geser yang diserap oleh shearwall dan 70,20 % oleh frame. Hal ini menunjukkan bahwa geser yang paling optimal yang dapat diserap oleh shearwall hanya sampai lantai 8 sementara lantai 9 gaya geser yang diserap oleh frame (123,52%).

Kata kunci : **Desain Struktur shearwall, Struktur Beton Bertulang Khusus, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah adalah kata yang paling utama penulis ungkapkan ketika menyelesaikan tugas akhir ini, karena Allah SWT banyak memberikan kekuatan dan motivasi ketika penulis semakin mendekatkan diri kepada-Nya. Berkat pertolongan Allah SWT penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan sesuai yang diharapkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk kemajuan agama dan bangsa umumnya dan khususnya bagi keluarga.

Sholawat dan salam tetap tercurah buat baginda Rasulullah. Dengan Islam, kita bisa bangga menjadi orang terdepan, bisa mengantarkan kepada akhlak yang mulia meskipun mungkin kita pada hari ini bukanlah para ulama atau para kyai sehingga menjadi baik akhlaknya. Seorang insinyur tidak hanya kecerdasannya dalam berfikir tetapi jika akhlaknya tidak baik, maka dia hanya dipakai oleh manusia hanya dalam konteks keprofesionalitasnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana, dan sekaligus untuk memperoleh gelar sarjana.

Dalam penyajian tugas akhir ini, penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari yang diharapkan. Walaupun demikian, penulis berharap saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada :

1. Ir. Sylvia Indriany, MT. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana.
2. Ir. Zainal Abidin Shahab, MT. selaku Pembimbing dalam penulisan tugas akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
3. Ir. Edifrizal Darma, MT. selaku Ketua Sidang dan sekaligus sebagai Tim Penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
4. DR. Resmi Bestari Muin, selaku Tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

5. Bapak dan Ibu Dosen program studi S1 teknik sipil dan Perencanaan Universitas Mercu Buana yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmunya yang bermanfaat kepada penulis, semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda serta dipanjangkan umurnya.
6. Para pegawai Tata Usaha Fakultas Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah membantu dan memperlancar dalam proses penyediaan dokumen demi terselenggaranya sidang tugas akhir.
7. Isteriku (Kartika Sari Amiliawati) serta putera puteriku yang telah memberikan kesempatan pada papah dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil semoga kalian semua selalu diberikan kesabaran, dimudahkan rezekinya serta selalu dalam lindungan dan bimbingan Allah SWT.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini menjadi bahan acuan bagi para mahasiswa (i) yang ingin menyelesaikan program S1 Teknik Sipil dan Perencanaan khususnya Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa.

Jakarta, 3 Agustus 2012

Penulis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	
ABSTRAK	<i>i</i>
KATA PENGANTAR	<i>ii</i>
DAFTAR ISI	<i>iv</i>
DAFTAR TABEL	<i>viii</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>x</i>
DAFTAR GRAFIK	<i>xiii</i>
DAFTAR NOTASI	<i>xiv</i>
DAFTAR LAMPIRAN	<i>xxii</i>
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Perumusan Masalah	I - 2
1.3 Tujuan Penulisan	I - 2
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I - 3
1.5 Metodologi Penulisan	I - 3
1.6 Sistematika Penulisan	I - 4
1.7 Ilustrasi Konfigurasi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	I - 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Konsep Dasar Perencanaan Gedung Tahan Gempa	II - 1
2.1.1 Sistem Struktur	II - 1
2.1.2 Jenis Beban	II - 2
2.1.3 Defleksi Lateral	II - 4
2.1.4 Gempa Rencana dan Kategori Gedung	II - 4
2.1.5 Analisis Struktur Secara Statik Ekuivalen	II - 5
2.1.6 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons	II - 6
2.1.7 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6
2.1.8 Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6

2.1.9	Daktalitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal	II - 7
2.1.10	Eksentrisitas Rencana e_d	II - 8
2.2	Kinerja Struktur Gedung	II - 8
2.2.1	Kinerja Batas Layan (Δ_s)	II - 8
2.2.2	Kinerja Batas Ultimit (Δ_M)	II - 9
2.3	Konsep Dasar Perencanaan Beton Berulang	II - 10
2.3.1	Perencanaan Pelat Beton	II - 10
2.3.2	Perencanaan Balok Beton	II - 12
2.3.3	Sistem Perencanaan Beton	II - 12
2.3.4	Perencanaan Balok Beton pada Tulangan Rangkap	II - 18
2.3.5	Momen Nominal dan Momen Rencana Balok	II - 20
2.3.6	Perencanaan Tulangan Geser/ Begel Balok	II - 22
2.3.7	Dasar Teori Struktur Kolom Beton Bertulang	II - 23
2.3.8	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Kecil	II - 24
2.3.9	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Besar	II - 25
2.3.10	Struktur Kolom Langsing (Kolom Panjang)	II - 26
2.3.11	Kekuatan kolom yang dibebani aksial	II - 27
2.3.12	Diagaram Interaksi	II - 28
2.3.13	Desain Kolom Struktural Beton Khusus (DKBK)	II - 31
2.3.14	Dasar Teori Struktur Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	II - 31
2.3.15	Perencanaan Struktur Dinding Geser	II - 33
2.3.16	Elemen Batas (Boundary System) Shear Wall	II - 35
BAB III	METODOLOGI DAN PERENCANAAN	III - 1
3.1	Flowchart Perencanaan	III - 1
3.2	Pengumpulan dan Studi Kasus	III - 2
3.3	Model Struktur	III - 2
3.4	Studi Kasus 1	III - 4
3.5	Studi Kasus 2	III - 7
BAB IV	PERENCANAAN AWAL (<i>PRELIMINARY DESIGN</i>)	
4.1	Prarencana Pelat Beton	IV - 1
4.2	Prarencana Balok Beton	IV - 6

4.3	Prarencana Struktur Kolom Beton	IV – 9
4.4	Dimensi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	IV - 10

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum	V – 1
5.2.	Data Perencanaan Struktur Gedung	V – 1
5.2.1	Data untuk Analisis	V – 1
5.2.2	Data untuk Desain	V – 2
5.2.3	Hitungan bobot Bangunan, W	V – 3
5.3.	Analisa dan Perencanaan SRPMK terhadap Beban Gempa	V – 4
5.3.1	Taksiran Waktu Getar Alami secara Empiris	V - 4
5.3.2	Menentukan Gaya Geser Dasar Nominal (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 4
5.3.3	Menentukan Gaya Lateral ekuivalen (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 5
5.3.4	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 7
5.3.5	Kontrol terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate	V – 9
5.4.	Analisa dan Perencanaan Sistem Ganda terhadap Beban Gempa	V – 10
5.4.1	Terhadap Konfigurasi Optimasi Letak Dinding Geser`	V -10
5.4.2	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 13
5.4.3	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 1	V – 13
5.4.4	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 2	V – 18
5.4.5	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 3	V – 22
5.5	Grafik Perpindahan antara Tiga Konfigurasi	V – 26
5.5.1	Simpangan Lateral Lantai h	V – 26
5.5.2	Gaya Geser Tingkat, v	V – 27
5.6	Analisa Struktur terhadap Konfigurasi Optimasi Tinggi Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	V – 27
5.6.1	Konfigurasi A	V – 28
5.6.2	Geser Tingkat yang Diserap oleh Shear Wall dan Frame	V – 29

BAB – VI	DESAIN DAN PERENCANAAN	VI – 1
6.1.	Desain Elemen Struktur Lentur SRPMK	VI – 1
6.2.	Desain Penulangan Pelat Lantai	VI – 2
6.2.1	Beban Lantai	VI – 2
6.2.2	Menentukan Momen Desain Pelat Lantai	VI – 3
6.3	Desain Penulangan Balok	VI – 11
6.3.1	Menentukan Momen Desain pada Balok	VI – 13
6.3.2	Kebutuhan Baja Tulangan	VI – 16
6.3.3	Desain Tulangan Geser Balok	VI – 22
6.3.4	Desain Tulangan Sengkang untuk Gaya Geser	VI – 24
6.3.5	Pemutusan Tulangan Balok	VI – 28
6.4.	Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK	VI – 30
6.4.1	Desain Penulangan Memanjang Kolom	VI – 31
6.4.2	Desain Kuat Kolom	VI - 36
6.4.3	Desain Pengekangan Kolom	VI – 38
6.4.4	Penulangan Transversal untuk Beban Geser	VI – 39
6.4.5	Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom	VI – 43
6.5.	Desain Hubungan Balok dan Kolom	VI – 45
6.5.1	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tengah pada Baris E	VI – 45
6.5.2	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tepi pada Baris 1F	VI – 46
6.6.	Desain Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK)	VI – 47
6.6.1	Beberapa Prosedur DSBK	VI – 47
6.6.2	Evalasi Kapasitas Shear Wall dalam Menahan Beban Geser	VI – 48
6.6.3	Evaluasi Kapasitas Boundary Element Shear Wall	VI – 51
BAB – VII	KESIMPULAN DAN SARAN	VII – 1
7,1	Kesimpulan	VII – 1
7.2	Saran	VII – 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 4.1 Dimensi Kolom lantai	IV – 10
Tabel 4.2. Hasil Uji Terhadap Kinerja SRPMK Akibat Beban Gempa Statik	IV – 11
Tabel 5.1 Beban Lantai pada Struktur Rangka	V – 3
Tabel 5.2 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S pada $T=0,73$	V – 6
Tabel 5.3 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B – T pada $T = 1,1$	V – 6
Tabel 5.4 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 7
Tabel 5.5 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 8
Tabel 5.6 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 9
Tabel 5.7 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 10
Tabel 5.8 Beban pada tiap Lantai	V – 11
Tabel 5.9 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S	V – 11
Tabel 5.10 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B - T	V – 12
Tabel 5.11 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 12
Tabel 5.12 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 13
Tabel 5.13 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 14
Tabel 5.14 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 15
Tabel 5.15 Kontrol Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 18
Tabel 5.16 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 19

Tabel 5.17	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 22
Tabel 5.18	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah B – T (Arah X)	V – 23
Tabel 6.1	Penulangan Tipikal Lantai	VI – 9
Tabel 6.2	Momen Lentur untuk Balok Rangka di Muka Kolom	VI – 13
Tabel 6.3	Ringkasan Momen untuk Desain Balok di Baris B11 – 2	VI – 14
Tabel 6.4	Penulangan Balok Rangka pada B11 - 2	VI – 15
Tabel 6.5	Penulangan Balok rangka dalam pada B11-2	VI - 21
Tabel 6.6	Kontrol Beban Pu terhadap Pengaruh Gempa Orthogonal	VI – 23
Tabel 6.7	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 600 x 650 (Lantai 1 - 3) Antara Lantai 1 dan Lantai 2	VI – 32
Tabel 6.8	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 550 x 600 (Lantai 4 - 6) Antara Lantai 4 dan Lantai 5	VI – 32
Tabel 6.9	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 500 x 550 (Lantai 7 - 9) Antara Lantai 7 dan Lantai 8	VI – 32
Tabel 6.10	Kebutuhan Tulangan Tranversal pada Kolom	VI – 36
Tabel 6.11	Gaya Terfaktor pada Kolom	VI – 37
Tabel 6.12	Kebutuhan Tulngan Sengkang pada Tulangan Tranversal Kolom	VI – 39

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1.1 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & E Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.2 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.3 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	I – 7
Gambar 1.4 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	I – 8
Gambar 1.5 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	I – 8
Gambar 2.1 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gaya Gempa	II – 1
Gambar 2.2 Defleksi Lateral	II – 4
Gambar 2.3 Perilaku Dinding Geser (Shearwall) dan Frame dalam menahan beban lateral	II – 10
Gambar 2.4 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Tunggal	II – 13
Gambar 2.5 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 17
Gambar 2.6 Flowchart Hitungan Pembesaran Dimensi Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 18
Gambar 2.7 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	II – 18
Gambar 2.8 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Rangkap)	II – 21
Gambar 2.9 Lokasi Geser Maksimum (V_{ud}) untuk Perencanaan	II – 22
Gambar 2.10 Analisa Tulangan Struktur Kolom	II – 24
Gambar 2.11 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom	II – 29
Gambar 2.12 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom Pendek	II – 30
Gambar 2.13 Strong Kolom Weak Beam Persyaratan Rangka di Wilayah Gempa 5 dan 6	II - 31
Gambar 2.14 Analisa Perencanaan Penulangan Boundary System	II – 36

Gambar 3.1	Flowchart Metodologi Desain Struktur Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Ketinggian Dinding Geser (Shearwall) pada Struktur Beraturan	III – 1
Gambar 3.2	Struktur Bangunan Gedung 9 lantai (36,5 meter)	III – 2
Gambar 3.3	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & G Bentang 2 - 3	III – 4
Gambar 3.4	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 - 3	III – 5
Gambar 3.5	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	III – 6
Gambar 3.6	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	III – 7
Gambar 3.7	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	III – 8
Gambar 4.1	Perencanaan Lantai Beton	IV – 1
Gambar 4.2	Penampang Balok sisi L (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 2
Gambar 4.3	Penampang Balok T (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 3
Gambar 4.4	Perencanaan Balok Beton	IV – 6
Gambar 4.5	Area Pembebanan pada kolom	IV – 8
Gambar 4.6	Rencana Dinding Geser (Shearwall)	IV – 12
Gambar 5.1	Respon Spektrum Gempa Rencana pada WG 5, Tanah Sedang	V – 1
Gambar 5.2	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 14
Gambar 5.3	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 18
Gambar 5.4	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 22
Gambar 5.5	Tipikal optimasi Shearwall pada denah lantai	V – 28
Gambar 5.6	Frame & Sistem Ganda pada Lantai 9	V – 28
Gambar 6.1	Tributary Area untuk balok B11 – 2 dan Balok Tepi B 2-2	VI – 1
Gambar 6.2	Tipikal Penulangan Lantai	VI – 11
Gambar 6.3	Koefisien Momen dan Geser Pasal 10.3.3(5)	VI – 11
Gambar 6.4	Momen yang bekerja pada Balok dalam B baris 3 akibat Gempa arah B – T	VI - 13

Gambar 6.5	Sketsa Penulangan Penampang – Penampang Kritis Balok	VI – 21
Gambar 6.6	Desain Gaya Geser Balok Ujung Rangka pada Lantai 2 baris 3	VI – 24
Gambar 6.7	Diagram Momen untuk Penghentian Tulangan Negatif pada Perletakan Interior	VI – 29
Gambar 6.8	Detailing Penulangan Lentur dan Geser pada Balok B11-2	VI – 30
Gambar 6.9	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C12	VI – 33
Gambar 6.10	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C9	VI – 34
Gambar 6.11	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 34
Gambar 6.12	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C27	VI – 35
Gambar 6.13	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 35
Gambar 6.14	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C8	VI – 36
Gambar 6.15	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 2	VI – 38
Gambar 6.16	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 3	VI – 40
Gambar 6.17	Detail Penulangan Kolom Tengah C antara Lantai 3 dan lantai 4	VI – 42
Gambar 6.18	Detailing Penulangan Kolom Tengah C12 lantai 1 dan Lantai 2	VI - 44
Gambar 6.19	Analisa Geser dari HBK Kolom Tengah C12 di Baris B	VI – 46
Gambar 6.20	Analisa Geser dari HBK Kolom Sisi tepi C9 di Baris A	VI – 47
Gambar 6.21	Kebutuhan Tulangan Longitudinal lantai 2	VI – 48
Gambar 6.22	Cek Kapasitas Elemen Batas (Boundary Sistem)	VI – 52
Gambar 6.23	Diagram Interaksi Disain Kekuatan Shearwall	VI – 52
Gambar 6.24	Diagram Pn-Mn untuk Shear Wall	VI – 53
Gambar 6.25	Detail Tulangan Komponen Batas untuk Shear Wall	VI – 54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S	V – 16
Grafik 5.2.	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 17
Grafik 5.3	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 20
Grafik 5.4	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 21
Grafik 5.5	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 24
Grafik 5.6	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V - 25
Grafik 5.7	Besar δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 26
Grafik 5.8	Besar V_{sw} pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 27
Grafik 5.9	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 29



DAFTAR NOTASI

SNI 03-2847-2002 : Tatacara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

Pasal 5 : Bahan

- f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 f_s adalah Tegangan tarik baja tulangan adalah $\epsilon_s \cdot E_s$, MPa.
 ϵ_{cu} adalah regangan tekan beton maksimum adalah 0,003
 ϵ_y adalah regangan tarik baja tulangan pada saat leleh

Pasal 6 : Persyaratan keawetan beton

- f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.

Pasal 9 : Detail Penulangan

- d adalah tinggi efektif penampang balok, mm
 d_s adalah jarak antara titik berat tulang tarik dan tepi serat beton tarik, mm.

Pasal 10 : Analisis dan Perencanaan

- A_s adalah luas tulangan tarik non-prategang, mm².
 A_s' adalah luas tulangan tekan non-prategang, mm².
 d adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
 b adalah lebar penampang balok, mm.
 E_c adalah Modulus elastisitas beton $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa
 E_s adalah Modulus elastisitas baja tulangan, $2 \cdot 10^5$ MPa
 f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.
 f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 l_n adalah bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang – bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negative.
 V_c adalah kuat geser nominal yang ditahan oleh beton, kN.
 w_u adalah beban terfaktor perunit panjang dari balok atau perunit luas pelat.
 w_c adalah berat satuan beton, kg/m³.

β_1	adalah faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen. Bergantung pada Pasal 12.2.7
ρ	adalah rasio tulangan tarik non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ'	adalah rasio tulangan tekan non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ_b	adalah rasio tulangan dalam kondisi balance.
ϕ	adalah faktor reduksi kekuatan

Pasal 11 : Ketentuan mengenai kekuatan dan kemampuan layan

A_g	adalah luas bruto penampang kolom, mm^2 .
D	adalah beban mati
L	adalah beban hidup
d'	adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
I_g	adalah momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya dengan mengabaikan tulangan., mm^4 .
P_b	adalah kuat beban aksial nominal pada saat kondisi balance, N.
P_n	adalah kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas diberikan, N.
P_u	adalah kuat beban aksial perlu pada eksentrisitas diberikan, $\leq \phi P_n$
α	adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

Pasal 12 : Beban Lentur dan Aksial

A_{sk}	adalah luas tulangan longitudinal pada sisi badan penampang , mm^2/m
$A_{s,min}$	adalah luas tulangan minimum lentur , mm^2 .
A_{st}	adalah luas total tulangan longitudinal, mm^2 .
A	adalah Tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen adalah $\beta_1 \cdot c$, (mm)
b_w	adalah lebar badan, mm
c	adalah jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm.
c_c	adalah selimut bersih dari permukaan tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur, mm

h adalah tinggi penampang balok, mm.

Pasal 13 : Geser

V_r adalah gaya geser rencana, kN.

V_n adalah kuat geser nominal, kN.

V_s adalah gaya geser yang ditahan oleh begel, kN.

Pasal 14 : Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

M_n adalah kuat momen nominal aktual, kN.m.

M_u adalah kuat momen perlu, kN.M

K adalah faktor Momen Pikul, MPa

T_s adalah gaya tarik baja tulangan, kN.

n adalah jumlah batang tulangan yang akan disalurkan Lewatan disepanjang bidang retak

Pasal 15 : Sistem pelat dua arah

x adalah diemnsi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi suatu penampang, mm.

y adalah diemnsi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian persegi suatu penampang, mm.

α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

α_m adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

α_1 adalah α dalam arah l_1 .

α_2 adalah α dalam arah l_2 .

Pasal 23 : Ketentuan Khusus untuk perencanaan Gempa

A_{ch} adalah luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal, mm².

A_{sh} adalah luas penampang total tulangan transversal (termasuk sengkang pengikat) dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi h_c , mm².

**SNI – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan
Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**

- A Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung.
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- A_o Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh Gempa Rencana yang bergantung pada Wilayah Gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada.
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- b Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat yang ditinjau, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa; dalam subskrip menunjukkan struktur bawah.
- c Dalam subskrip menunjukkan besaran beton.
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertical nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
- d Dalam subskrip menunjukkan besaran desain atau dinding geser.
- d_i Simpangan horisontal lantai tingkat i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai-lantai tingkat.
- D_n Beban mati nominal yang dapat dianggap sama dengan beban mati rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.

e	Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
e_d	Eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung.
E_c	Modulus elastisitas beton
E_n	Beban gempa nominal yang nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh faktor daktilitas struktur gedung μ yang mengalaminya dan oleh faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 yang terkandung di dalam struktur gedung tersebut.
E_s	Modulus elastisitas baja (= 200 GPa)
f	Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.
f_1	Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.
f_2	Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serempak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
F_b	Beban gempa horisontal nominal statik ekuivalen akibat gaya inersia sendiri yang menangkap pada pusat massa pada taraf masing-masing lantai besmen struktur bawah gedung.
F_i	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung.
F_p	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada titik berat massa unsur sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin dan listrik dalam arah gempa yang paling berbahaya.

g	Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling.
i	Dalam subskrip menunjukkan nomor lantai tingkat atau nomor lapisan tanah.
I	Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu.
I_1	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
I_2	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
k	Dalam subskrip menunjukkan kolom struktur gedung.
K_p	Nilai koefisien pembesaran respons unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik, bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya terhadap taraf penjepitan lateral.
L_n	Beban hidup nominal yang dapat dianggap sama dengan beban hidup rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
m	Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.
M	Momen lentur secara umum.
M_{gm}	Momen guling maksimum dari struktur atas suatu gedung yang bekerja pada struktur bawah pada taraf penjepitan lateral pada saat struktur atas berada dalam kondisi di ambang keruntuhan akibat dikerahkannya faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur atas, atau akibat pengaruh momen leleh akhir sendi-sendi plastis pada kaki semua kolom dan semua dinding geser.
M_n	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, atau akibat pengaruh momen leleh sendi plastis yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 .
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.

R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
R_m	Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.
R_n	Kekuatan nominal suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan nominal unsur-unsurnya, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor reduksi.
R_u	Kekuatan ultimit suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan ultimit unsur-unsurnya, yaitu kekuatan nominal yang masing-masing dikalikan dengan faktor reduksi.
T	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
V	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut.
W_i	Berat lantai tingkat ke- i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
W_t	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
Z_i	Ketinggian lantai tingkat ke- i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
δ_y	(delta- y) Simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat terjadinya pelelehan pertama.
ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa.
μ (mu)	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Notasi Tambahan

M_i	adalah Momen (tumpuan atau lapangan) pada arah bentang i , kNm.
C_i	adalah koefisien momen sesuai arah bentang i ,
q	adalah beban terbagi rata yang bekerja pada pelat, kN/m ² .
l_x	adalah bentang arah x (bentang pada sisi pelat yang pendek), m
l_y	adalah bentang arah y (bentang pada sisi pelat yang panjang), m
M_n	adalah Momen nominal Aktual penampang balok, kNm.
M_{nc}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan beton, kNm.
M_{ns}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan tulangan, kNm.
M_r	adalah Momen rencana pada penampang balok, kNm.
B	adalah panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau (meter)
H	adalah tinggi puncak bagian utama struktur (meter)
k	adalah faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
l_u	adalah Panjang bentang komponen struktur lentur (balok/pelat) yang diukur dari as-as.
r	adalah jari-jari girasi penampang kolom.
M_1	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih kecil akibat beban tetap pada kolom.
M_2	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih besar akibat beban tetap pada kolom.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A SNI 03-2847-2002 Pasal 23
Kententuan Khusus untuk Perencanaan Gempa
- Lampiran B SNI 03-1726-2002 Standard Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
Struktur Bangunan Gedung
- Lampiran C Tabel 13.2.2 PBI 1971 atau NI-2
- Lampiran D - LISTING P_u , V_u , M_u arah U – S dari program ETABS 9.0
- LISTING P_u , V_u , M_u arah B - T dari program ETABS 9.0
- Lampiran E Gambar Penulangan Lantai



ABSTRAK

Judul : *Disain Struktur Bagian Atas Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Tinggi Dinding Geser (Shear Wall) untuk Gedung Beraturan.*

Nama : Hoerul

NIM : 41108120038

Pembimbing : Ir. Zainal Abiding Shahab, MT.

Tahun : 2012

Dalam mendesain suatu bangunan gedung tingkat tinggi terhadap tahan gempa harus memperhitungkan kekuatan (*Strength*), kekakuan (*Rigidity/Stiffness*) dan stabilitas (*Stability*) pada struktur. Apabila salah satu dari ketiga faktor tersebut diabaikan maka akan terjadi deformasi terhadap salah satu elemen struktur bangunan, yang mengakibatkan ketidakstabilan bangunan dalam menyerap gaya-gaya atau beban-beban yang dipikulnya. Umumnya banyak sekali metode dalam meningkatkan ketiga faktor tersebut di atas salah satu diantaranya adalah penggunaan dinding geser (*shearwall*). Penggunaan dinding geser (*shearwall*) dapat dikombinasikan dengan *frame*, sehingga akan menimbulkan interaksi yang saling mendukung satu sama lain. Perilaku dinding geser sangat berbeda dengan perilaku *frame* dimana dinding geser akan berdefleksi dalam mode lentur (*flexural shape*) dengan sudut defleksi atau slope sama dengan nol pada bagian bawah dan mempunyai simpangan terbesar di bagian atasnya.

Dari hasil analisa terhadap tiga konfigurasi letak *shearwall* dengan denah lantai berukuran 18 meter x 36 meter pada ketinggian gedung 36,5 m (9 lantai) dari lantai dasar menghasilkan suatu konfigurasi yang optimal diantaranya bahwa letak dinding geser (*shearwall*) terletak pada as B dan E bentang 2 – 3. Hal ini dapat dipahami bahwa besarnya simpangan pada *frame* arah U-S sebelum menggunakan *shearwall* menghasilkan simpangan yang melebihi simpangan izin ($\delta_{izin} = 85,88$) yaitu sebesar 127,96 mm. Oleh karena itu dengan adanya penambahan *shearwall* pada struktur maka simpangan yang dihasilkan 18,88 mm atau 74,29 % gaya lateral yang diserap oleh *shearwall* dengan ketebalan *shearwall* 250 mm. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan pada konfigurasi 2 sangat optimal dalam meredam gaya lateral yang diserap oleh *shearwall* semakin besar.

Sedangkan dari hasil analisa terhadap ketinggian menghasilkan ketinggian optimum sampai 34,5 meter (lantai 8) dari lantai dasar. Hal ini dapat dipahami pula bahwa gaya geser tingkat pada lantai dasar sebesar 68,37% geser yang diserap oleh *shearwall* dan 31,63% geser yang diserap oleh *frame*. Sedangkan gaya geser tingkat pada lantai 8 hanya 29,80 % geser yang diserap oleh *shearwall* dan 70,20 % oleh *frame*. Hal ini menunjukkan bahwa geser yang paling optimal yang dapat diserap oleh *shearwall* hanya sampai lantai 8 sementara lantai 9 gaya geser yang diserap oleh *frame* (123,52%).

Kata kunci : *Desain Struktur shearwall, Struktur Beton Bertulang Khusus, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah adalah kata yang paling utama penulis ungkapkan ketika menyelesaikan tugas akhir ini, karena Allah SWT banyak memberikan kekuatan dan motivasi ketika penulis semakin mendekatkan diri kepada-Nya. Berkat pertolongan Allah SWT penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan sesuai yang diharapkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk kemajuan agama dan bangsa umumnya dan khususnya bagi keluarga.

Sholawat dan salam tetap tercurah buat baginda Rasulullah. Dengan Islam, kita bisa bangga menjadi orang terdepan, bisa mengantarkan kepada akhlak yang mulia meskipun mungkin kita pada hari ini bukanlah para ulama atau para kyai sehingga menjadi baik akhlaknya. Seorang insinyur tidak hanya kecerdasannya dalam berfikir tetapi jika akhlaknya tidak baik, maka dia hanya dipakai oleh manusia hanya dalam konteks keprofesionalitasnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana, dan sekaligus untuk memperoleh gelar sarjana.

Dalam penyajian tugas akhir ini, penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari yang diharapkan. Walaupun demikian, penulis berharap saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada :

1. Ir. Sylvia Indriany, MT. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana.
2. Ir. Zainal Abidin Shahab, MT. selaku Pembimbing dalam penulisan tugas akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
3. Ir. Edifrizal Darma, MT. selaku Ketua Sidang dan sekaligus sebagai Tim Penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
4. DR. Resmi Bestari Muin, selaku Tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

5. Bapak dan Ibu Dosen program studi S1 teknik sipil dan Perencanaan Universitas Mercu Buana yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmunya yang bermanfaat kepada penulis, semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda serta dipanjangkan umurnya.
6. Para pegawai Tata Usaha Fakultas Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah membantu dan memperlancar dalam proses penyediaan dokumen demi terselenggaranya sidang tugas akhir.
7. Isteriku (Kartika Sari Amiliawati) serta putera puteriku yang telah memberikan kesempatan pada papah dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil semoga kalian semua selalu diberikan kesabaran, dimudahkan rezekinya serta selalu dalam lindungan dan bimbingan Allah SWT.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini menjadi bahan acuan bagi para mahasiswa (i) yang ingin menyelesaikan program S1 Teknik Sipil dan Perencanaan khususnya Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa.

Jakarta, 3 Agustus 2012

Penulis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	
ABSTRAK	<i>i</i>
KATA PENGANTAR	<i>ii</i>
DAFTAR ISI	<i>iv</i>
DAFTAR TABEL	<i>viii</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>x</i>
DAFTAR GRAFIK	<i>xiii</i>
DAFTAR NOTASI	<i>xiv</i>
DAFTAR LAMPIRAN	<i>xxii</i>
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Perumusan Masalah	I - 2
1.3 Tujuan Penulisan	I - 2
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I - 3
1.5 Metodologi Penulisan	I - 3
1.6 Sistematika Penulisan	I - 4
1.7 Ilustrasi Konfigurasi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	I - 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Konsep Dasar Perencanaan Gedung Tahan Gempa	II - 1
2.1.1 Sistem Struktur	II - 1
2.1.2 Jenis Beban	II - 2
2.1.3 Defleksi Lateral	II - 4
2.1.4 Gempa Rencana dan Kategori Gedung	II - 4
2.1.5 Analisis Struktur Secara Statik Ekuivalen	II - 5
2.1.6 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons	II - 6
2.1.7 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6
2.1.8 Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6

2.1.9	Daktalitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal	II - 7
2.1.10	Eksentrisitas Rencana e_d	II - 8
2.2	Kinerja Struktur Gedung	II - 8
2.2.1	Kinerja Batas Layan (Δ_s)	II - 8
2.2.2	Kinerja Batas Ultimit (Δ_M)	II - 9
2.3	Konsep Dasar Perencanaan Beton Berulang	II - 10
2.3.1	Perencanaan Pelat Beton	II - 10
2.3.2	Perencanaan Balok Beton	II - 12
2.3.3	Sistem Perencanaan Beton	II - 12
2.3.4	Perencanaan Balok Beton pada Tulangan Rangkap	II - 18
2.3.5	Momen Nominal dan Momen Rencana Balok	II - 20
2.3.6	Perencanaan Tulangan Geser/ Begel Balok	II - 22
2.3.7	Dasar Teori Struktur Kolom Beton Bertulang	II - 23
2.3.8	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Kecil	II - 24
2.3.9	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Besar	II - 25
2.3.10	Struktur Kolom Langsing (Kolom Panjang)	II - 26
2.3.11	Kekuatan kolom yang dibebani aksial	II - 27
2.3.12	Diagaram Interaksi	II - 28
2.3.13	Desain Kolom Struktural Beton Khusus (DKBK)	II - 31
2.3.14	Dasar Teori Struktur Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	II - 31
2.3.15	Perencanaan Struktur Dinding Geser	II - 33
2.3.16	Elemen Batas (Boundary System) Shear Wall	II - 35
BAB III	METODOLOGI DAN PERENCANAAN	III - 1
3.1	Flowchart Perencanaan	III - 1
3.2	Pengumpulan dan Studi Kasus	III - 2
3.3	Model Struktur	III - 2
3.4	Studi Kasus 1	III - 4
3.5	Studi Kasus 2	III - 7
BAB IV	PERENCANAAN AWAL (<i>PRELIMINARY DESIGN</i>)	
4.1	Prarencana Pelat Beton	IV - 1
4.2	Prarencana Balok Beton	IV - 6

4.3	Prarencana Struktur Kolom Beton	IV – 9
4.4	Dimensi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	IV - 10

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum	V – 1
5.2.	Data Perencanaan Struktur Gedung	V – 1
5.2.1	Data untuk Analisis	V – 1
5.2.2	Data untuk Desain	V – 2
5.2.3	Hitungan bobot Bangunan, W	V – 3
5.3.	Analisa dan Perencanaan SRPMK terhadap Beban Gempa	V – 4
5.3.1	Taksiran Waktu Getar Alami secara Empiris	V - 4
5.3.2	Menentukan Gaya Geser Dasar Nominal (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 4
5.3.3	Menentukan Gaya Lateral ekuivalen (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 5
5.3.4	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 7
5.3.5	Kontrol terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate	V – 9
5.4.	Analisa dan Perencanaan Sistem Ganda terhadap Beban Gempa	V – 10
5.4.1	Terhadap Konfigurasi Optimasi Letak Dinding Geser`	V -10
5.4.2	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 13
5.4.3	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 1	V – 13
5.4.4	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 2	V – 18
5.4.5	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 3	V – 22
5.5	Grafik Perpindahan antara Tiga Konfigurasi	V – 26
5.5.1	Simpangan Lateral Lantai h	V – 26
5.5.2	Gaya Geser Tingkat, v	V – 27
5.6	Analisa Struktur terhadap Konfigurasi Optimasi Tinggi Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	V – 27
5.6.1	Konfigurasi A	V – 28
5.6.2	Geser Tingkat yang Diserap oleh Shear Wall dan Frame	V – 29

BAB – VI	DESAIN DAN PERENCANAAN	VI – 1
6.1.	Desain Elemen Struktur Lentur SRPMK	VI – 1
6.2.	Desain Penulangan Pelat Lantai	VI – 2
6.2.1	Beban Lantai	VI – 2
6.2.2	Menentukan Momen Desain Pelat Lantai	VI – 3
6.3	Desain Penulangan Balok	VI – 11
6.3.1	Menentukan Momen Desain pada Balok	VI – 13
6.3.2	Kebutuhan Baja Tulangan	VI – 16
6.3.3	Desain Tulangan Geser Balok	VI – 22
6.3.4	Desain Tulangan Sengkang untuk Gaya Geser	VI – 24
6.3.5	Pemutusan Tulangan Balok	VI – 28
6.4.	Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK	VI – 30
6.4.1	Desain Penulangan Memanjang Kolom	VI – 31
6.4.2	Desain Kuat Kolom	VI – 36
6.4.3	Desain Pengekangan Kolom	VI – 38
6.4.4	Penulangan Transversal untuk Beban Geser	VI – 39
6.4.5	Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom	VI – 43
6.5.	Desain Hubungan Balok dan Kolom	VI – 45
6.5.1	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tengah pada Baris E	VI – 45
6.5.2	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tepi pada Baris 1F	VI – 46
6.6.	Desain Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK)	VI – 47
6.6.1	Beberapa Prosedur DSBK	VI – 47
6.6.2	Evalasi Kapasitas Shear Wall dalam Menahan Beban Geser	VI – 48
6.6.3	Evaluasi Kapasitas Boundary Element Shear Wall	VI – 51
BAB – VII	KESIMPULAN DAN SARAN	VII – 1
7,1	Kesimpulan	VII – 1
7.2	Saran	VII – 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

		Hal.
Tabel 4.1	Dimensi Kolom lantai	IV – 10
Tabel 4.2.	Hasil Uji Terhadap Kinerja SRPMK Akibat Beban Gempa Statik	IV – 11
Tabel 5.1	Beban Lantai pada Struktur Rangka	V – 3
Tabel 5.2	Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S pada $T=0,73$	V – 6
Tabel 5.3	Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B – T pada $T = 1,1$	V – 6
Tabel 5.4	Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 7
Tabel 5.5	Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 8
Tabel 5.6	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 9
Tabel 5.7	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 10
Tabel 5.8	Beban pada tiap Lantai	V – 11
Tabel 5.9	Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S	V – 11
Tabel 5.10	Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B - T	V – 12
Tabel 5.11	Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 12
Tabel 5.12	Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 13
Tabel 5.13	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 14
Tabel 5.14	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 15
Tabel 5.15	Kontrol Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 18
Tabel 5.16	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 19

Tabel 5.17	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 22
Tabel 5.18	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah B – T (Arah X)	V – 23
Tabel 6.1	Penulangan Tipikal Lantai	VI – 9
Tabel 6.2	Momen Lentur untuk Balok Rangka di Muka Kolom	VI – 13
Tabel 6.3	Ringkasan Momen untuk Desain Balok di Baris B11 – 2	VI – 14
Tabel 6.4	Penulangan Balok Rangka pada B11 - 2	VI – 15
Tabel 6.5	Penulangan Balok rangka dalam pada B11-2	VI - 21
Tabel 6.6	Kontrol Beban Pu terhadap Pengaruh Gempa Orthogonal	VI – 23
Tabel 6.7	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 600 x 650 (Lantai 1 - 3) Antara Lantai 1 dan Lantai 2	VI – 32
Tabel 6.8	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 550 x 600 (Lantai 4 - 6) Antara Lantai 4 dan Lantai 5	VI – 32
Tabel 6.9	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 500 x 550 (Lantai 7 - 9) Antara Lantai 7 dan Lantai 8	VI – 32
Tabel 6.10	Kebutuhan Tulangan Tranversal pada Kolom	VI – 36
Tabel 6.11	Gaya Terfaktor pada Kolom	VI – 37
Tabel 6.12	Kebutuhan Tulngan Sengkang pada Tulangan Tranversal Kolom	VI – 39

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1.1 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & E Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.2 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.3 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	I – 7
Gambar 1.4 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	I – 8
Gambar 1.5 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	I – 8
Gambar 2.1 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gaya Gempa	II – 1
Gambar 2.2 Defleksi Lateral	II – 4
Gambar 2.3 Perilaku Dinding Geser (Shearwall) dan Frame dalam menahan beban lateral	II – 10
Gambar 2.4 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Tunggal	II – 13
Gambar 2.5 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 17
Gambar 2.6 Flowchart Hitungan Pembesaran Dimensi Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 18
Gambar 2.7 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	II – 18
Gambar 2.8 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Rangkap)	II – 21
Gambar 2.9 Lokasi Geser Maksimum (V_{ud}) untuk Perencanaan	II – 22
Gambar 2.10 Analisa Tulangan Struktur Kolom	II – 24
Gambar 2.11 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom	II – 29
Gambar 2.12 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom Pendek	II – 30
Gambar 2.13 Strong Kolom Weak Beam Persyaratan Rangka di Wilayah Gempa 5 dan 6	II - 31
Gambar 2.14 Analisa Perencanaan Penulangan Boundary System	II – 36

Gambar 3.1	Flowchart Metodologi Desain Struktur Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Ketinggian Dinding Geser (Shearwall) pada Struktur Beraturan	III – 1
Gambar 3.2	Struktur Bangunan Gedung 9 lantai (36,5 meter)	III – 2
Gambar 3.3	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & G Bentang 2 - 3	III – 4
Gambar 3.4	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 - 3	III – 5
Gambar 3.5	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	III – 6
Gambar 3.6	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	III – 7
Gambar 3.7	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	III – 8
Gambar 4.1	Perencanaan Lantai Beton	IV – 1
Gambar 4.2	Penampang Balok sisi L (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 2
Gambar 4.3	Penampang Balok T (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 3
Gambar 4.4	Perencanaan Balok Beton	IV – 6
Gambar 4.5	Area Pembebanan pada kolom	IV – 8
Gambar 4.6	Rencana Dinding Geser (Shearwall)	IV – 12
Gambar 5.1	Respon Spektrum Gempa Rencana pada WG 5, Tanah Sedang	V – 1
Gambar 5.2	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 14
Gambar 5.3	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 18
Gambar 5.4	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 22
Gambar 5.5	Tipikal optimasi Shearwall pada denah lantai	V – 28
Gambar 5.6	Frame & Sistem Ganda pada Lantai 9	V – 28
Gambar 6.1	Tributary Area untuk balok B11 – 2 dan Balok Tepi B 2-2	VI – 1
Gambar 6.2	Tipikal Penulangan Lantai	VI – 11
Gambar 6.3	Koefisien Momen dan Geser Pasal 10.3.3(5)	VI – 11
Gambar 6.4	Momen yang bekerja pada Balok dalam B baris 3 akibat Gempa arah B – T	VI - 13

Gambar 6.5	Sketsa Penulangan Penampang – Penampang Kritis Balok	VI – 21
Gambar 6.6	Desain Gaya Geser Balok Ujung Rangka pada Lantai 2 baris 3	VI – 24
Gambar 6.7	Diagram Momen untuk Penghentian Tulangan Negatif pada Perletakan Interior	VI – 29
Gambar 6.8	Detailing Penulangan Lentur dan Geser pada Balok B11-2	VI – 30
Gambar 6.9	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C12	VI – 33
Gambar 6.10	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C9	VI – 34
Gambar 6.11	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 34
Gambar 6.12	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C27	VI – 35
Gambar 6.13	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 35
Gambar 6.14	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C8	VI – 36
Gambar 6.15	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 2	VI – 38
Gambar 6.16	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 3	VI – 40
Gambar 6.17	Detail Penulangan Kolom Tengah C antara Lantai 3 dan lantai 4	VI – 42
Gambar 6.18	Detailing Penulangan Kolom Tengah C12 lantai 1 dan Lantai 2	VI - 44
Gambar 6.19	Analisa Geser dari HBK Kolom Tengah C12 di Baris B	VI – 46
Gambar 6.20	Analisa Geser dari HBK Kolom Sisi tepi C9 di Baris A	VI – 47
Gambar 6.21	Kebutuhan Tulangan Longitudinal lantai 2	VI – 48
Gambar 6.22	Cek Kapasitas Elemen Batas (Boundary Sistem)	VI – 52
Gambar 6.23	Diagram Interaksi Disain Kekuatan Shearwall	VI – 52
Gambar 6.24	Diagram Pn-Mn untuk Shear Wall	VI – 53
Gambar 6.25	Detail Tulangan Komponen Batas untuk Shear Wall	VI – 54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S	V – 16
Grafik 5.2.	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 17
Grafik 5.3	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 20
Grafik 5.4	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 21
Grafik 5.5	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 24
Grafik 5.6	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V - 25
Grafik 5.7	Besar δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 26
Grafik 5.8	Besar V_{sw} pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 27
Grafik 5.9	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 29



DAFTAR NOTASI

SNI 03-2847-2002 : Tatacara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

Pasal 5 : Bahan

- f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 f_s adalah Tegangan tarik baja tulangan adalah $\epsilon_s \cdot E_s$, MPa.
 ϵ_{cu} adalah regangan tekan beton maksimum adalah 0,003
 ϵ_y adalah regangan tarik baja tulangan pada saat leleh

Pasal 6 : Persyaratan keawetan beton

- f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.

Pasal 9 : Detail Penulangan

- d adalah tinggi efektif penampang balok, mm
 d_s adalah jarak antara titik berat tulang tarik dan tepi serat beton tarik, mm.

Pasal 10 : Analisis dan Perencanaan

- A_s adalah luas tulangan tarik non-prategang, mm².
 A_s' adalah luas tulangan tekan non-prategang, mm².
 d adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
 b adalah lebar penampang balok, mm².
 E_c adalah Modulus elastisitas beton $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa
 E_s adalah Modulus elastisitas baja tulangan, $2 \cdot 10^5$ MPa
 f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.
 f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 l_n adalah bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang – bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negative.
 V_c adalah kuat geser nominal yang ditahan oleh beton, kN.
 w_u adalah beban terfaktor perunit panjang dari balok atau perunit luas pelat.
 w_c adalah berat satuan beton, kg/m³.

β_1	adalah faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen. Bergantung pada Pasal 12.2.7
ρ	adalah rasio tulangan tarik non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ'	adalah rasio tulangan tekan non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ_b	adalah rasio tulangan dalam kondisi balance.
ϕ	adalah faktor reduksi kekuatan

Pasal 11 : Ketentuan mengenai kekuatan dan kemampuan layan

A_g	adalah luas bruto penampang kolom, mm^2 .
D	adalah beban mati
L	adalah beban hidup
d'	adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
I_g	adalah momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya dengan mengabaikan tulangan., mm^4 .
P_b	adalah kuat beban aksial nominal pada saat kondisi balance, N.
P_n	adalah kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas diberikan, N.
P_u	adalah kuat beban aksial perlu pada eksentrisitas diberikan, $\leq \phi P_n$
α	adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

Pasal 12 : Beban Lentur dan Aksial

A_{sk}	adalah luas tulangan longitudinal pada sisi badan penampang , mm^2/m
$A_{s,min}$	adalah luas tulangan minimum lentur , mm^2 .
A_{st}	adalah luas total tulangan longitudinal, mm^2 .
A	adalah Tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen adalah $\beta_1 \cdot c$, (mm)
b_w	adalah lebar badan, mm
c	adalah jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm.
c_c	adalah selimut bersih dari permukaan tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur, mm

h adalah tinggi penampang balok, mm.

Pasal 13 : Geser

V_r adalah gaya geser rencana, kN.

V_n adalah kuat geser nominal, kN.

V_s adalah gaya geser yang ditahan oleh begel, kN.

Pasal 14 : Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

M_n adalah kuat momen nominal aktual, kN.m.

M_u adalah kuat momen perlu, kN.M

K adalah faktor Momen Pikul, MPa

T_s adalah gaya tarik baja tulangan, kN.

n adalah jumlah batang tulangan yang akan disalurkan Lewatan disepanjang bidang retak

Pasal 15 : Sistem pelat dua arah

x adalah diemnsi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi suatu penampang, mm.

y adalah diemnsi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian persegi suatu penampang, mm.

α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

α_m adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

α_1 adalah α dalam arah l_1 .

α_2 adalah α dalam arah l_2 .

Pasal 23 : Ketentuan Khusus untuk perencanaan Gempa

A_{ch} adalah luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal, mm².

A_{sh} adalah luas penampang total tulangan transversal (termasuk sengkang pengikat) dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi h_c , mm².

**SNI – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan
Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**

- A Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung.
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- A_o Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh Gempa Rencana yang bergantung pada Wilayah Gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada.
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- b Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat yang ditinjau, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa; dalam subskrip menunjukkan struktur bawah.
- c Dalam subskrip menunjukkan besaran beton.
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
- d Dalam subskrip menunjukkan besaran desain atau dinding geser.
- d_i Simpangan horisontal lantai tingkat i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai-lantai tingkat.
- D_n Beban mati nominal yang dapat dianggap sama dengan beban mati rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.

e	Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
e_d	Eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung.
E_c	Modulus elastisitas beton
E_n	Beban gempa nominal yang nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh faktor daktilitas struktur gedung μ yang mengalaminya dan oleh faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 yang terkandung di dalam struktur gedung tersebut.
E_s	Modulus elastisitas baja (= 200 GPa)
f	Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.
f_1	Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.
f_2	Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serempak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
F_b	Beban gempa horisontal nominal statik ekuivalen akibat gaya inersia sendiri yang menangkap pada pusat massa pada taraf masing-masing lantai besmen struktur bawah gedung.
F_i	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung.
F_p	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada titik berat massa unsur sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin dan listrik dalam arah gempa yang paling berbahaya.

g	Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling.
i	Dalam subskrip menunjukkan nomor lantai tingkat atau nomor lapisan tanah.
I	Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu.
I_1	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
I_2	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
k	Dalam subskrip menunjukkan kolom struktur gedung.
K_p	Nilai koefisien pembesaran respons unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik, bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya terhadap taraf penjepitan lateral.
L_n	Beban hidup nominal yang dapat dianggap sama dengan beban hidup rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
m	Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.
M	Momen lentur secara umum.
M_{gm}	Momen guling maksimum dari struktur atas suatu gedung yang bekerja pada struktur bawah pada taraf penjepitan lateral pada saat struktur atas berada dalam kondisi di ambang keruntuhan akibat dikerahkannya faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur atas, atau akibat pengaruh momen leleh akhir sendi-sendi plastis pada kaki semua kolom dan semua dinding geser.
M_n	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, atau akibat pengaruh momen leleh sendi plastis yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 .
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.

R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
R_m	Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.
R_n	Kekuatan nominal suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan nominal unsur-unsurnya, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor reduksi.
R_u	Kekuatan ultimit suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan ultimit unsur-unsurnya, yaitu kekuatan nominal yang masing-masing dikalikan dengan faktor reduksi.
T	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurjanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
V	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut.
W_i	Berat lantai tingkat ke-i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
W_t	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
Z_i	Ketinggian lantai tingkat ke-i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
δ_y	(delta-y) Simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat terjadinya pelelehan pertama.
ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa.
μ (mu)	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Notasi Tambahan

M_i	adalah Momen (tumpuan atau lapangan) pada arah bentang i , kNm.
C_i	adalah koefisien momen sesuai arah bentang i ,
q	adalah beban terbagi rata yang bekerja pada pelat, kN/m ² .
l_x	adalah bentang arah x (bentang pada sisi pelat yang pendek), m
l_y	adalah bentang arah y (bentang pada sisi pelat yang panjang), m
M_n	adalah Momen nominal Aktual penampang balok, kNm.
M_{nc}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan beton, kNm.
M_{ns}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan tulangan, kNm.
M_r	adalah Momen rencana pada penampang balok, kNm.
B	adalah panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau (meter)
H	adalah tinggi puncak bagian utama struktur (meter)
k	adalah faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
l_u	adalah Panjang bentang komponen struktur lentur (balok/pelat) yang diukur dari as-as.
r	adalah jari-jari girasi penampang kolom.
M_1	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih kecil akibat beban tetap pada kolom.
M_2	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih besar akibat beban tetap pada kolom.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A SNI 03-2847-2002 Pasal 23
Kententuan Khusus untuk Perencanaan Gempa
- Lampiran B SNI 03-1726-2002 Standard Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
Struktur Bangunan Gedung
- Lampiran C Tabel 13.2.2 PBI 1971 atau NI-2
- Lampiran D - LISTING P_u , V_u , M_u arah U – S dari program ETABS 9.0
- LISTING P_u , V_u , M_u arah B - T dari program ETABS 9.0
- Lampiran E Gambar Penulangan Lantai



ABSTRAK

Judul : **Disain Struktur Bagian Atas Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Tinggi Dinding Geser (Shear Wall) untuk Gedung Beraturan.**

Nama : Hoerul

NIM : 41108120038

Pembimbing : Ir. Zainal Abiding Shahab, MT.

Tahun : 2012

Dalam mendesain suatu bangunan gedung tingkat tinggi terhadap tahan gempa harus memperhitungkan kekuatan (Strength), kekakuan (Rigidity/Stiffness) dan stabilitas (Stability) pada struktur. Apabila salah satu dari ketiga faktor tersebut diabaikan maka akan terjadi deformasi terhadap salah satu elemen struktur bangunan, yang mengakibatkan ketidakstabilan bangunan dalam menyerap gaya-gaya atau beban-beban yang dipikulnya. Umumnya banyak sekali metode dalam meningkatkan ketiga faktor tersebut di atas salah satu diantaranya adalah penggunaan dinding geser (shearwall). Penggunaan dinding geser (shearwall) dapat dikombinasikan dengan frame, sehingga akan menimbulkan interaksi yang saling mendukung satu sama lain. Perilaku dinding geser sangat berbeda dengan perilaku frame dimana dinding geser akan berdefleksi dalam mode lentur (flexural shape) dengan sudut defleksi atau slope sama dengan nol pada bagian bawah dan mempunyai simpangan terbesar di bagian atasnya.

Dari hasil analisa terhadap tiga konfigurasi letak shearwall dengan denah lantai berukuran 18 meter x 36 meter pada ketinggian gedung 36,5 m (9 lantai) dari lantai dasar menghasilkan suatu konfigurasi yang optimal diantaranya bahwa letak dinding geser (shearwall) terletak pada as B dan E bentang 2 – 3. Hal ini dapat dipahami bahwa besarnya simpangan pada frame arah U-S sebelum menggunakan shearwall menghasilkan simpangan yang melebihi simpangan izin ($\delta_{izin} = 85,88$) yaitu sebesar 127,96 mm. Oleh karena itu dengan adanya penambahan shearwall pada struktur maka simpangan yang dihasilkan 18,88 mm atau 74,29 % gaya lateral yang diserap oleh shearwall dengan ketebalan shearwall 250 mm. Hal ini menunjukkan bahwa simpangan pada konfigurasi 2 sangat optimal dalam meredam gaya lateral yang diserap oleh shearwall semakin besar.

Sedangkan dari hasil analisa terhadap ketinggian menghasilkan ketinggian optimum sampai 34,5 meter (lantai 8) dari lantai dasar. Hal ini dapat dipahami pula bahwa gaya geser tingkat pada lantai dasar sebesar 68,37% geser yang diserap oleh shearwall dan 31,63% geser yang diserap oleh frame. Sedangkan gaya geser tingkat pada lantai 8 hanya 29,80 % geser yang diserap oleh shearwall dan 70,20 % oleh frame. Hal ini menunjukkan bahwa geser yang paling optimal yang dapat diserap oleh shearwall hanya sampai lantai 8 sementara lantai 9 gaya geser yang diserap oleh frame (123,52%).

Kata kunci : **Desain Struktur shearwall, Struktur Beton Bertulang Khusus, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah adalah kata yang paling utama penulis ungkapkan ketika menyelesaikan tugas akhir ini, karena Allah SWT banyak memberikan kekuatan dan motivasi ketika penulis semakin mendekatkan diri kepada-Nya. Berkat pertolongan Allah SWT penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan sesuai yang diharapkan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis untuk kemajuan agama dan bangsa umumnya dan khususnya bagi keluarga.

Sholawat dan salam tetap tercurah buat baginda Rasulullah. Dengan Islam, kita bisa bangga menjadi orang terdepan, bisa mengantarkan kepada akhlak yang mulia meskipun mungkin kita pada hari ini bukanlah para ulama atau para kyai sehingga menjadi baik akhlaknya. Seorang insinyur tidak hanya kecerdasannya dalam berfikir tetapi jika akhlaknya tidak baik, maka dia hanya dipakai oleh manusia hanya dalam konteks keprofesionalitasnya.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana, dan sekaligus untuk memperoleh gelar sarjana.

Dalam penyajian tugas akhir ini, penulis sadar bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari yang diharapkan. Walaupun demikian, penulis berharap saran dan masukan demi kesempurnaan penulisan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih pada :

1. Ir. Sylvia Indriany, MT. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Mercu Buana.
2. Ir. Zainal Abidin Shahab, MT. selaku Pembimbing dalam penulisan tugas akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
3. Ir. Edifrizal Darma, MT. selaku Ketua Sidang dan sekaligus sebagai Tim Penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
4. DR. Resmi Bestari Muin, selaku Tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.

5. Bapak dan Ibu Dosen program studi S1 teknik sipil dan Perencanaan Universitas Mercu Buana yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan ilmunya yang bermanfaat kepada penulis, semoga Allah SWT memberikan pahala yang berlipat ganda serta dipanjangkan umurnya.
6. Para pegawai Tata Usaha Fakultas Teknik Sipil Universitas Mercu Buana yang telah membantu dan memperlancar dalam proses penyediaan dokumen demi terselenggaranya sidang tugas akhir.
7. Isteriku (Kartika Sari Amiliawati) serta putera puteriku yang telah memberikan kesempatan pada papah dalam menyelesaikan program S1 Teknik Sipil semoga kalian semua selalu diberikan kesabaran, dimudahkan rezekinya serta selalu dalam lindungan dan bimbingan Allah SWT.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini menjadi bahan acuan bagi para mahasiswa (i) yang ingin menyelesaikan program S1 Teknik Sipil dan Perencanaan khususnya Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa.

Jakarta, 3 Agustus 2012

Penulis

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	
ABSTRAK	<i>i</i>
KATA PENGANTAR	<i>ii</i>
DAFTAR ISI	<i>iv</i>
DAFTAR TABEL	<i>viii</i>
DAFTAR GAMBAR	<i>x</i>
DAFTAR GRAFIK	<i>xiii</i>
DAFTAR NOTASI	<i>xiv</i>
DAFTAR LAMPIRAN	<i>xxii</i>
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Perumusan Masalah	I - 2
1.3 Tujuan Penulisan	I - 2
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	I - 3
1.5 Metodologi Penulisan	I - 3
1.6 Sistematika Penulisan	I - 4
1.7 Ilustrasi Konfigurasi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	I - 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II - 1
2.1 Konsep Dasar Perencanaan Gedung Tahan Gempa	II - 1
2.1.1 Sistem Struktur	II - 1
2.1.2 Jenis Beban	II - 2
2.1.3 Defleksi Lateral	II - 4
2.1.4 Gempa Rencana dan Kategori Gedung	II - 4
2.1.5 Analisis Struktur Secara Statik Ekuivalen	II - 5
2.1.6 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons	II - 6
2.1.7 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6
2.1.8 Waktu Getar Alami Fundamental	II - 6

2.1.9	Daktalitas Struktur Bangunan dan Pembebanan Gempa Nominal	II - 7
2.1.10	Eksentrisitas Rencana e_d	II - 8
2.2	Kinerja Struktur Gedung	II - 8
2.2.1	Kinerja Batas Layan (Δ_s)	II - 8
2.2.2	Kinerja Batas Ultimit (Δ_M)	II - 9
2.3	Konsep Dasar Perencanaan Beton Berulang	II - 10
2.3.1	Perencanaan Pelat Beton	II - 10
2.3.2	Perencanaan Balok Beton	II - 12
2.3.3	Sistem Perencanaan Beton	II - 12
2.3.4	Perencanaan Balok Beton pada Tulangan Rangkap	II - 18
2.3.5	Momen Nominal dan Momen Rencana Balok	II - 20
2.3.6	Perencanaan Tulangan Geser/ Begel Balok	II - 22
2.3.7	Dasar Teori Struktur Kolom Beton Bertulang	II - 23
2.3.8	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Kecil	II - 24
2.3.9	Perencanaan Kolom Pendek Eksentrisitas Besar	II - 25
2.3.10	Struktur Kolom Langsing (Kolom Panjang)	II - 26
2.3.11	Kekuatan kolom yang dibebani aksial	II - 27
2.3.12	Diagaram Interaksi	II - 28
2.3.13	Desain Kolom Struktural Beton Khusus (DKBK)	II - 31
2.3.14	Dasar Teori Struktur Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	II - 31
2.3.15	Perencanaan Struktur Dinding Geser	II - 33
2.3.16	Elemen Batas (Boundary System) Shear Wall	II - 35
BAB III	METODOLOGI DAN PERENCANAAN	III - 1
3.1	Flowchart Perencanaan	III - 1
3.2	Pengumpulan dan Studi Kasus	III - 2
3.3	Model Struktur	III - 2
3.4	Studi Kasus 1	III - 4
3.5	Studi Kasus 2	III - 7
BAB IV	PERENCANAAN AWAL (<i>PRELIMINARY DESIGN</i>)	
4.1	Prarencana Pelat Beton	IV - 1
4.2	Prarencana Balok Beton	IV - 6

4.3	Prarencana Struktur Kolom Beton	IV – 9
4.4	Dimensi Dinding Geser (<i>Shear Wall</i>)	IV - 10

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1	Umum	V – 1
5.2.	Data Perencanaan Struktur Gedung	V – 1
5.2.1	Data untuk Analisis	V – 1
5.2.2	Data untuk Desain	V – 2
5.2.3	Hitungan bobot Bangunan, W	V – 3
5.3.	Analisa dan Perencanaan SRPMK terhadap Beban Gempa	V – 4
5.3.1	Taksiran Waktu Getar Alami secara Empiris	V - 4
5.3.2	Menentukan Gaya Geser Dasar Nominal (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 4
5.3.3	Menentukan Gaya Lateral ekuivalen (<i>Statik ekuivalen</i>)	V – 5
5.3.4	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 7
5.3.5	Kontrol terhadap Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate	V – 9
5.4.	Analisa dan Perencanaan Sistem Ganda terhadap Beban Gempa	V – 10
5.4.1	Terhadap Konfigurasi Optimasi Letak Dinding Geser`	V -10
5.4.2	Analisa terhadap T Rayleigh	V – 13
5.4.3	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 1	V – 13
5.4.4	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 2	V – 18
5.4.5	Uji Optimasi Letak pada Konfigurasi 3	V – 22
5.5	Grafik Perpindahan antara Tiga Konfigurasi	V – 26
5.5.1	Simpangan Lateral Lantai h	V – 26
5.5.2	Gaya Geser Tingkat, v	V – 27
5.6	Analisa Struktur terhadap Konfigurasi Optimasi Tinggi Dinding Geser (<i>Shearwall</i>)	V – 27
5.6.1	Konfigurasi A	V – 28
5.6.2	Geser Tingkat yang Diserap oleh Shear Wall dan Frame	V – 29

BAB – VI	DESAIN DAN PERENCANAAN	VI – 1
6.1.	Desain Elemen Struktur Lentur SRPMK	VI – 1
6.2.	Desain Penulangan Pelat Lantai	VI – 2
6.2.1	Beban Lantai	VI – 2
6.2.2	Menentukan Momen Desain Pelat Lantai	VI – 3
6.3	Desain Penulangan Balok	VI – 11
6.3.1	Menentukan Momen Desain pada Balok	VI – 13
6.3.2	Kebutuhan Baja Tulangan	VI – 16
6.3.3	Desain Tulangan Geser Balok	VI – 22
6.3.4	Desain Tulangan Senggang untuk Gaya Geser	VI – 24
6.3.5	Pemutusan Tulangan Balok	VI – 28
6.4.	Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK	VI – 30
6.4.1	Desain Penulangan Memanjang Kolom	VI – 31
6.4.2	Desain Kuat Kolom	VI - 36
6.4.3	Desain Pengekangan Kolom	VI – 38
6.4.4	Penulangan Transversal untuk Beban Geser	VI – 39
6.4.5	Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom	VI – 43
6.5.	Desain Hubungan Balok dan Kolom	VI – 45
6.5.1	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tengah pada Baris E	VI – 45
6.5.2	Hubungan Balok-Kolom (HBK) Tepi pada Baris 1F	VI – 46
6.6.	Desain Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK)	VI – 47
6.6.1	Beberapa Prosedur DSBK	VI – 47
6.6.2	Evalasi Kapasitas Shear Wall dalam Menahan Beban Geser	VI – 48
6.6.3	Evaluasi Kapasitas Boundary Element Shear Wall	VI – 51
BAB – VII	KESIMPULAN DAN SARAN	VII – 1
7,1	Kesimpulan	VII – 1
7.2	Saran	VII – 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 4.1 Dimensi Kolom lantai	IV – 10
Tabel 4.2. Hasil Uji Terhadap Kinerja SRPMK Akibat Beban Gempa Statik	IV – 11
Tabel 5.1 Beban Lantai pada Struktur Rangka	V – 3
Tabel 5.2 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S pada $T=0,73$	V – 6
Tabel 5.3 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B – T pada $T = 1,1$	V – 6
Tabel 5.4 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 7
Tabel 5.5 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 8
Tabel 5.6 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 9
Tabel 5.7 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 10
Tabel 5.8 Beban pada tiap Lantai	V – 11
Tabel 5.9 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V_x untuk Arah U-S	V – 11
Tabel 5.10 Gaya lateral ekuivalen F_i dan gaya Geser Ekuivalen V untuk Arah B - T	V – 12
Tabel 5.11 Nilai Beban Gempa Statik Ekuivalen	V – 12
Tabel 5.12 Analisa T Rayleigh akibat Gempa Arah sumbu Y	V – 13
Tabel 5.13 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 14
Tabel 5.14 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 15
Tabel 5.15 Kontrol Kinerja Batas Layan dan Kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 18
Tabel 5.16 Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekuivalen Arah B – T (Arah X)	V – 19

Tabel 5.17	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah U – S (Arah Y)	V – 22
Tabel 5.18	Kontrol Kinerja Batas Layan dan kinerja Batas Ultimate Akibat Beban Gempa Statik Ekvivalen Arah B – T (Arah X)	V – 23
Tabel 6.1	Penulangan Tipikal Lantai	VI – 9
Tabel 6.2	Momen Lentur untuk Balok Rangka di Muka Kolom	VI – 13
Tabel 6.3	Ringkasan Momen untuk Desain Balok di Baris B11 – 2	VI – 14
Tabel 6.4	Penulangan Balok Rangka pada B11 - 2	VI – 15
Tabel 6.5	Penulangan Balok rangka dalam pada B11-2	VI - 21
Tabel 6.6	Kontrol Beban Pu terhadap Pengaruh Gempa Orthogonal	VI – 23
Tabel 6.7	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 600 x 650 (Lantai 1 - 3) Antara Lantai 1 dan Lantai 2	VI – 32
Tabel 6.8	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 550 x 600 (Lantai 4 - 6) Antara Lantai 4 dan Lantai 5	VI – 32
Tabel 6.9	Beban Pu dan Mu untuk Dimensi Kolom 500 x 550 (Lantai 7 - 9) Antara Lantai 7 dan Lantai 8	VI – 32
Tabel 6.10	Kebutuhan Tulangan Tranversal pada Kolom	VI – 36
Tabel 6.11	Gaya Terfaktor pada Kolom	VI – 37
Tabel 6.12	Kebutuhan Tulngan Sengkang pada Tulangan Tranversal Kolom	VI – 39

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1.1 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & E Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.2 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 – 3	I – 6
Gambar 1.3 Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	I – 7
Gambar 1.4 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	I – 8
Gambar 1.5 Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	I – 8
Gambar 2.1 Sistem Struktur Beton Bertulang Penahan Gaya Gempa	II – 1
Gambar 2.2 Defleksi Lateral	II – 4
Gambar 2.3 Perilaku Dinding Geser (Shearwall) dan Frame dalam menahan beban lateral	II – 10
Gambar 2.4 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Tunggal	II – 13
Gambar 2.5 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 17
Gambar 2.6 Flowchart Hitungan Pembesaran Dimensi Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Tunggal)	II – 18
Gambar 2.7 Distribusi Regangan dan Tegangan pada Balok Tulangan Rangkap	II – 18
Gambar 2.8 Flowchart Hitungan Tulangan Longitudinal Balok (Penampang Balok dengan Tulangan Rangkap)	II – 21
Gambar 2.9 Lokasi Geser Maksimum (V_{ud}) untuk Perencanaan	II – 22
Gambar 2.10 Analisa Tulangan Struktur Kolom	II – 24
Gambar 2.11 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom	II – 29
Gambar 2.12 Analisa Perencanaan Penulangan Kolom Pendek	II – 30
Gambar 2.13 Strong Kolom Weak Beam Persyaratan Rangka di Wilayah Gempa 5 dan 6	II - 31
Gambar 2.14 Analisa Perencanaan Penulangan Boundary System	II – 36

Gambar 3.1	Flowchart Metodologi Desain Struktur Gedung Beton Bertulang Berlantai Banyak dengan Optimasi Letak dan Ketinggian Dinding Geser (Shearwall) pada Struktur Beraturan	III – 1
Gambar 3.2	Struktur Bangunan Gedung 9 lantai (36,5 meter)	III – 2
Gambar 3.3	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As A & G Bentang 2 - 3	III – 4
Gambar 3.4	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As B & F Bentang 2 - 3	III – 5
Gambar 3.5	Tipikal denah lantai dan optimasi letak shearwall pada As C & E Bentang 2 & 3	III – 6
Gambar 3.6	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 9	III – 7
Gambar 3.7	Optimasi Tinggi Shearwall pada Lantai 8	III – 8
Gambar 4.1	Perencanaan Lantai Beton	IV – 1
Gambar 4.2	Penampang Balok sisi L (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 2
Gambar 4.3	Penampang Balok T (Hubungan Balok dan Pelat)	IV – 3
Gambar 4.4	Perencanaan Balok Beton	IV – 6
Gambar 4.5	Area Pembebanan pada kolom	IV – 8
Gambar 4.6	Rencana Dinding Geser (Shearwall)	IV – 12
Gambar 5.1	Respon Spektrum Gempa Rencana pada WG 5, Tanah Sedang	V – 1
Gambar 5.2	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 14
Gambar 5.3	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 18
Gambar 5.4	Layout Lantai Tipikal Bangunan	V – 22
Gambar 5.5	Tipikal optimasi Shearwall pada denah lantai	V – 28
Gambar 5.6	Frame & Sistem Ganda pada Lantai 9	V – 28
Gambar 6.1	Tributary Area untuk balok B11 – 2 dan Balok Tepi B 2-2	VI – 1
Gambar 6.2	Tipikal Penulangan Lantai	VI – 11
Gambar 6.3	Koefisien Momen dan Geser Pasal 10.3.3(5)	VI – 11
Gambar 6.4	Momen yang bekerja pada Balok dalam B baris 3 akibat Gempa arah B – T	VI - 13

Gambar 6.5	Sketsa Penulangan Penampang – Penampang Kritis Balok	VI – 21
Gambar 6.6	Desain Gaya Geser Balok Ujung Rangka pada Lantai 2 baris 3	VI – 24
Gambar 6.7	Diagram Momen untuk Penghentian Tulangan Negatif pada Perletakan Interior	VI – 29
Gambar 6.8	Detailing Penulangan Lentur dan Geser pada Balok B11-2	VI – 30
Gambar 6.9	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C12	VI – 33
Gambar 6.10	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C9	VI – 34
Gambar 6.11	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 34
Gambar 6.12	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C27	VI – 35
Gambar 6.13	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tengah C17	VI – 35
Gambar 6.14	Diagram Interaksi Kuat Rencana Kolom Tepi C8	VI – 36
Gambar 6.15	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 2	VI – 38
Gambar 6.16	Diagram Interaksi Kuat Disain Kolom Tengah C12 dengan $\phi = 1$ di atas dan di bawah lantai 3	VI – 40
Gambar 6.17	Detail Penulangan Kolom Tengah C antara Lantai 3 dan lantai 4	VI – 42
Gambar 6.18	Detailing Penulangan Kolom Tengah C12 lantai 1 dan Lantai 2	VI - 44
Gambar 6.19	Analisa Geser dari HBK Kolom Tengah C12 di Baris B	VI – 46
Gambar 6.20	Analisa Geser dari HBK Kolom Sisi tepi C9 di Baris A	VI – 47
Gambar 6.21	Kebutuhan Tulangan Longitudinal lantai 2	VI – 48
Gambar 6.22	Cek Kapasitas Elemen Batas (Boundary Sistem)	VI – 52
Gambar 6.23	Diagram Interaksi Disain Kekuatan Shearwall	VI – 52
Gambar 6.24	Diagram Pn-Mn untuk Shear Wall	VI – 53
Gambar 6.25	Detail Tulangan Komponen Batas untuk Shear Wall	VI – 54

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5.1.	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S	V – 16
Grafik 5.2.	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 17
Grafik 5.3	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 20
Grafik 5.4	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 21
Grafik 5.5	Perbedaan δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U - S	V – 24
Grafik 5.6	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V - 25
Grafik 5.7	Besar δ_{sw} dan δ_{frm} Arah U – S pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 26
Grafik 5.8	Besar V_{sw} pada Conf-1, Conf-2 dan Conf-3	V – 27
Grafik 5.9	(a) Besar V_{sw} dan V_{total} (b) Prosentase V_{sw} dan V_{frm}	V – 29



DAFTAR NOTASI

SNI 03-2847-2002 : Tatacara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung

Pasal 5 : Bahan

- f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 f_s adalah Tegangan tarik baja tulangan adalah $\epsilon_s \cdot E_s$, MPa.
 ϵ_{cu} adalah regangan tekan beton maksimum adalah 0,003
 ϵ_y adalah regangan tarik baja tulangan pada saat leleh

Pasal 6 : Persyaratan keawetan beton

- f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.

Pasal 9 : Detail Penulangan

- d adalah tinggi efektif penampang balok, mm
 d_s adalah jarak antara titik berat tulang tarik dan tepi serat beton tarik, mm.

Pasal 10 : Analisis dan Perencanaan

- A_s adalah luas tulangan tarik non-prategang, mm².
 A_s' adalah luas tulangan tekan non-prategang, mm².
 d adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
 b adalah lebar penampang balok, mm.
 E_c adalah Modulus elastisitas beton $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa
 E_s adalah Modulus elastisitas baja tulangan, $2 \cdot 10^5$ MPa
 f_c' adalah kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa.
 f_y adalah kuat leleh yang diisyaratkan untuk tulangan non-prategang, MPa.
 l_n adalah bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang – bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negative.
 V_c adalah kuat geser nominal yang ditahan oleh beton, kN.
 w_u adalah beban terfaktor perunit panjang dari balok atau perunit luas pelat.
 w_c adalah berat satuan beton, kg/m³.

β_1	adalah faktor pembentuk tegangan beton tekan persegi ekuivalen. Bergantung pada Pasal 12.2.7
ρ	adalah rasio tulangan tarik non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ'	adalah rasio tulangan tekan non-prategang. $\frac{A_s}{bd}$
ρ_b	adalah rasio tulangan dalam kondisi balance.
ϕ	adalah faktor reduksi kekuatan

Pasal 11 : Ketentuan mengenai kekuatan dan kemampuan layan

A_g	adalah luas bruto penampang kolom, mm^2 .
D	adalah beban mati
L	adalah beban hidup
d'	adalah jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
I_g	adalah momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbunya dengan mengabaikan tulangan., mm^4 .
P_b	adalah kuat beban aksial nominal pada saat kondisi balance, N.
P_n	adalah kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas diberikan, N.
P_u	adalah kuat beban aksial perlu pada eksentrisitas diberikan, $\leq \phi P_n$
α	adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.
α_m	adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

Pasal 12 : Beban Lentur dan Aksial

A_{sk}	adalah luas tulangan longitudinal pada sisi badan penampang , mm^2/m
$A_{s,min}$	adalah luas tulangan minimum lentur , mm^2 .
A_{st}	adalah luas total tulangan longitudinal, mm^2 .
A	adalah Tinggi blok tegangan beton tekan persegi ekuivalen adalah $\beta_1 \cdot c$, (mm)
b_w	adalah lebar badan, mm
c	adalah jarak antara garis netral dan tepi serat beton tekan, mm.
c_c	adalah selimut bersih dari permukaan tarik terdekat ke permukaan tulangan tarik lentur, mm

h adalah tinggi penampang balok, mm.

Pasal 13 : Geser

V_r adalah gaya geser rencana, kN.

V_n adalah kuat geser nominal, kN.

V_s adalah gaya geser yang ditahan oleh begel, kN.

Pasal 14 : Penyaluran dan Penyambungan Tulangan

M_n adalah kuat momen nominal aktual, kN.m.

M_u adalah kuat momen perlu, kN.M

K adalah faktor Momen Pikul, MPa

T_s adalah gaya tarik baja tulangan, kN.

n adalah jumlah batang tulangan yang akan disalurkan Lewatan disepanjang bidang retak

Pasal 15 : Sistem pelat dua arah

x adalah diemnsi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian persegi suatu penampang, mm.

y adalah diemnsi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian persegi suatu penampang, mm.

α adalah rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari panel-panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

α_m adalah nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel.

α_1 adalah α dalam arah l_1 .

α_2 adalah α dalam arah l_2 .

Pasal 23 : Ketentuan Khusus untuk perencanaan Gempa

A_{ch} adalah luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal, mm².

A_{sh} adalah luas penampang total tulangan transversal (termasuk sengkang pengikat) dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi h_c , mm².

**SNI – 1726 – 2002 Standar Perencanaan Ketahanan
Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung**

- A Percepatan puncak Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal sebagai gempa masukan untuk analisis respons dinamik linier riwayat waktu struktur gedung.
- A_m Percepatan respons maksimum atau Faktor Respons Gempa maksimum pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- A_o Percepatan puncak muka tanah akibat pengaruh Gempa Rencana yang bergantung pada Wilayah Gempa dan jenis tanah tempat struktur gedung berada.
- A_r Pembilang dalam persamaan hiperbola Faktor Respons Gempa C pada Spektrum Respons Gempa Rencana.
- b Ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat yang ditinjau, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa; dalam subskrip menunjukkan struktur bawah.
- c Dalam subskrip menunjukkan besaran beton.
- C Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
- C_v Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
- C_1 Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
- d Dalam subskrip menunjukkan besaran desain atau dinding geser.
- d_i Simpangan horisontal lantai tingkat i dari hasil analisis 3 dimensi struktur gedung akibat beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai-lantai tingkat.
- D_n Beban mati nominal yang dapat dianggap sama dengan beban mati rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.

e	Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.
e_d	Eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung.
E_c	Modulus elastisitas beton
E_n	Beban gempa nominal yang nilainya ditentukan oleh besarnya probabilitas beban itu dilampaui dalam kurun waktu tertentu, oleh faktor daktilitas struktur gedung μ yang mengalaminya dan oleh faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 yang terkandung di dalam struktur gedung tersebut.
E_s	Modulus elastisitas baja (= 200 GPa)
f	Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal.
f_1	Faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam suatu struktur gedung akibat selalu adanya pembebanan dan dimensi penampang serta kekuatan bahan terpasang yang berlebihan dan nilainya ditetapkan sebesar 1,6.
f_2	Faktor kuat lebih struktur akibat kehiperstatikan struktur gedung yang menyebabkan terjadinya redistribusi gaya-gaya oleh proses pembentukan sendi plastis yang tidak serempak bersamaan; rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
F_b	Beban gempa horisontal nominal statik ekuivalen akibat gaya inersia sendiri yang menangkap pada pusat massa pada taraf masing-masing lantai besmen struktur bawah gedung.
F_i	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada pusat massa pada taraf lantai tingkat ke-i struktur atas gedung.
F_p	Beban gempa nominal statik ekuivalen yang menangkap pada titik berat massa unsur sekunder, unsur arsitektur dan instalasi mesin dan listrik dalam arah gempa yang paling berbahaya.

g	Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling.
i	Dalam subskrip menunjukkan nomor lantai tingkat atau nomor lapisan tanah.
I	Faktor Keutamaan gedung, faktor pengali dari pengaruh Gempa Rencana pada berbagai kategori gedung, untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas dilampauinya pengaruh tersebut selama umur gedung itu dan penyesuaian umur gedung itu.
I_1	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung.
I_2	Faktor Keutamaan gedung untuk menyesuaikan perioda ulang gempa yang berkaitan dengan penyesuaian umur gedung.
k	Dalam subskrip menunjukkan kolom struktur gedung.
K_p	Nilai koefisien pembesaran respons unsur sekunder, unsur arsitektur atau instalasi mesin dan listrik, bergantung pada ketinggian tempat kedudukannya terhadap taraf penjepitan lateral.
L_n	Beban hidup nominal yang dapat dianggap sama dengan beban hidup rencana yang ditetapkan dalam standar-standar pembebanan struktur gedung.
m	Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar.
M	Momen lentur secara umum.
M_{gm}	Momen guling maksimum dari struktur atas suatu gedung yang bekerja pada struktur bawah pada taraf penjepitan lateral pada saat struktur atas berada dalam kondisi di ambang keruntuhan akibat dikerahkannya faktor kuat lebih total f yang terkandung di dalam struktur atas, atau akibat pengaruh momen leleh akhir sendi-sendi plastis pada kaki semua kolom dan semua dinding geser.
M_n	Momen nominal suatu penampang unsur struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada taraf pembebanan nominal, atau akibat pengaruh momen leleh sendi plastis yang sudah direduksi dengan faktor kuat lebih beban dan bahan f_1 .
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.

R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
R_m	Faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu sistem atau subsistem struktur gedung.
R_n	Kekuatan nominal suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan nominal unsur-unsurnya, masing-masing tanpa dikalikan dengan faktor reduksi.
R_u	Kekuatan ultimit suatu struktur gedung, dihasilkan oleh kekuatan ultimit unsur-unsurnya, yaitu kekuatan nominal yang masing-masing dikalikan dengan faktor reduksi.
T	Waktu getar alami struktur gedung dinyatakan dalam detik yang menentukan besarnya Faktor Respons Gempa struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
V	Beban (gaya) geser dasar nominal statik ekuivalen akibat pengaruh Gempa Rencana yang bekerja di tingkat dasar struktur gedung beraturan dengan tingkat daktilitas umum, dihitung berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung beraturan tersebut.
W_i	Berat lantai tingkat ke-i struktur atas suatu gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
W_t	Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
Z_i	Ketinggian lantai tingkat ke-i suatu struktur gedung terhadap taraf penjepitan lateral.
δ_y	(delta-y) Simpangan struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat terjadinya pelelehan pertama.
ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung, bergantung pada Wilayah Gempa.
μ (mu)	Faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Notasi Tambahan

M_i	adalah Momen (tumpuan atau lapangan) pada arah bentang i , kNm.
C_i	adalah koefisien momen sesuai arah bentang i ,
q	adalah beban terbagi rata yang bekerja pada pelat, kN/m ² .
l_x	adalah bentang arah x (bentang pada sisi pelat yang pendek), m
l_y	adalah bentang arah y (bentang pada sisi pelat yang panjang), m
M_n	adalah Momen nominal Aktual penampang balok, kNm.
M_{nc}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan beton, kNm.
M_{ns}	adalah Momen nominal yang dihasilkan oleh gaya tekan tulangan, kNm.
M_r	adalah Momen rencana pada penampang balok, kNm.
B	adalah panjang gedung pada arah gempa yang ditinjau (meter)
H	adalah tinggi puncak bagian utama struktur (meter)
k	adalah faktor panjang efektif komponen struktur tekan.
l_u	adalah Panjang bentang komponen struktur lentur (balok/pelat) yang diukur dari as-as.
r	adalah jari-jari girasi penampang kolom.
M_1	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih kecil akibat beban tetap pada kolom.
M_2	adalah Momen ujung terfaktor yang lebih besar akibat beban tetap pada kolom.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A SNI 03-2847-2002 Pasal 23
Kententuan Khusus untuk Perencanaan Gempa
- Lampiran B SNI 03-1726-2002 Standard Perencanaan Ketahanan Gempa untuk
Struktur Bangunan Gedung
- Lampiran C Tabel 13.2.2 PBI 1971 atau NI-2
- Lampiran D - LISTING P_u , V_u , M_u arah U – S dari program ETABS 9.0
- LISTING P_u , V_u , M_u arah B - T dari program ETABS 9.0
- Lampiran E Gambar Penulangan Lantai

