

TUGAS AKHIR

**IMPLIKASI DISTRIBUSI GAYA HORIZONTAL
DINAMIK RESPONS SPEKTRUM TERHADAP
DESAIN BANGUNAN TAHAN GEMPA**

*IMPLICATIONS OF HORIZONTAL FORCE DISTRIBUTION BY
DYNAMIC RESPONSE SPECTRUM TO EARTHQUAKE RESISTANT
DESIGN OF MULTISTORY BUILDING*

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**M. IKHWANUL IQBAL
10.511.124**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PENERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2014**

TUGAS AKHIR

**IMPLIKASI DISTRIBUSI GAYA HORIZONTAL
DINAMIK RESPONS SPEKTRUM TERHADAP
DESAIN BANGUNAN TAHAN GEMPA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**M. IKHWANUL IQBAL
10.511.124**

Disahkan Oleh:

Pembimbing

Ketua Jurusan



(Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D)
Tanggal: 8-1-2015



(Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D)
Tanggal:

TUGAS AKHIR

**IMPLIKASI DISTRIBUSI GAYA HORIZONTAL
DINAMIK RESPONS SPEKTRUM TERHADAP
DESAIN BANGUNAN TAHAN GEMPA**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**M. IKHWANUL IQBAL
10.511.124**

Disetujui Oleh:

**Pembimbing:
Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D**

A handwritten signature in blue ink, positioned above a horizontal line.

Prof. Moch Teguh Ir, H, MSCE., Ph.D

A handwritten signature in black ink, positioned above a horizontal line.

Suharyatmo, Ir, H, MT

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO :

1. *"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan"* (Q.S. Al-Insyirah: 5-6).
2. *"Hai orang – orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan menegerjakan solat, sesungguhnya Allah beserta orang – orang yang sabar"* (Q.S. Al-Baqarah 153).

Persembahan :

1. *Allah SWT. Hanya kepadamulah hamba menyembah, beriman dan berserah diri.*
2. *Kedua orang tuaku yang selalu memberikan motivasi dan semangat selama hidupku.*
3. *Adik – adikku yang memberikan motivasi dan semangat kepadaku.*

ABSTRAK

Sebagian wilayah Indonesia merupakan daerah yang mempunyai tingkat resiko gempa bumi yang tinggi karena dikelilingin oleh empat lempeng tektonik dunia. Yogyakarta adalah salah satu daerah di Indonesia yang sering terjadi gempa, gempa yang selalu diingat masyarakat jogja adalah gempa pada tanggal 27 mei 2014 yang merusak bangunan dengan kerusakan yang sangat parah.

Cara menanggulangi kerusakan bangunan adalah dengan mendesain bangunan tahan gempa berdasarkan peraturan yang berlaku. SNI 03-1726-2012 adalah peraturan gempa baru yang menggantikan peraturan sebelumnya dalam mendesain bangunan tahan gempa. Pembebanan gempa untuk bangunan lebih dari 40 m atau 10 tingkat perencanaan beban gempa bukan hanya beban gempa statik ekuivalen, tetapi juga harus memperhitungkan beban gempa dinamik, namun belum ada kejelasan pada bangunan berapa tingkat batasan pemakain metode ekuivalen statik peralihannya terhadap metode respon spektrum, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui berapa tingkat peralihan beban gempa statik terhadap beban gempa dinamik serta pengaruhnya terhadap desain.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa tingkat pemakain metode ekuivalen statik peralihannya terhadap metode dinamik respon spektrum dan seperti apa distribusi horisontal gaya gempa metode respon spektrum dengan metode statik ekuivalen serta pengaruhnya terhadap desain bangunan gedung tahan gempa. Struktur yang digunakan dalam penelitian ini adalah struktur dengan 2 dimensi dengan variasi jumlah tingkat 10, 12 dan 15 tingkat dengan tinggi tiap tingkat 4 m.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beban dinamik respons spektrum lebih besar pada bangunan lebih dari 10 tingkat, hal ini dapat dilihat dari perbandingan gaya geser dasar V yang signifikan. Gaya geser tingkat pada tingkat – tingkat atas berdasarkan metode respons spektrum cenderung lebih kecil daripada yang berdasarkan ekuivalen statik, tetapi kebalikannya pada tingkat – tingkat bawah. Gaya geser dasar untuk bangunan 10-tingkat berdasarkan respons spektrum masih relatif dekat atau hampir sama dengan ekuivalen statik, namun demikian pada bangunan yang lebih tinggi gaya geser dasar respons spektrum lebih besar dari pada ekuivalen statik. Secara umum gaya geser tingkat pada tingkat – tingkat bawah berdasarkan ekuivalen statik cenderung *underestimate*.

Akibat beban gempa dinamik respon spektrum luas tulangan balok meningkat 26,67% pada tingkat bawah, dan menurun 22,22% pada tingkat atas, luas tulangan geser meningkat 16,67% pada tingkat bawah, dan menurun 11,11% pada tingkat atas, rasio tulangan kolom meningkat sebesar 0,49% pada tingkat bawah dan cenderung sama pada tingkat atas. Luas tulangan geser kolom meningkat 40% pada tingkat bawah, dan menurun 40% pada tingkat atas, luas tulangan BCJ meningkat 17,65% pada tingkat bawah dan sama pada tingkat atas dibandingkan beban gempa statik ekuivalen.

Kata kunci : bangunan bertingkat banyak, distribusi horisontal gaya gempa, desain bangunan tahan gempa.

ABSTRACT

Some districts of Indonesia are an area that has a earthquake risk levels are high because of dogged by four tectonic plates of by the world. Yogyakarta is one of Indonesia's district earthquakes, earthquake always keep in mind the people of Yogyakarta was the earthquake on 27 May 2014 that damaged buildings with severe damage.

How to cope with the damage to the earthquake resistant building design based on state laws. SNI 03-1726-2012 is a new earthquake rules which replace the previous rules in the design of earthquake resistant buildings. Earthquake loading for buildings over 40 m or 10 earthquake load level planning is not only equivalent static seismic loads, but also must take into account the dynamic earthquake loads, but there is no clarity on how the building usage restriction level equivalent static method of transition to the response spectrum method, so it is necessary conducted research to determine what level of seismic load static transition to dynamic earthquake loads and their effect on the design.

This research to determine how the level of usage the equivalent static method of transition to the dynamic response spectrum method and what the horizontal distribution of the response spectrum method of seismic forces by equivalent static method and its influence in the design of earthquake resistant buildings. The structure used in this study is the two dimension structure with variations in the number of stories 10, 12 and 15 floors with each level of 4 m high.

The results of this research indicate that the dynamic response spectrum loads greater in buildings more than 10 levels, it's can be seen from the comparison base shear force V is significant. Shear force level at top level based on the response spectrum method to be smaller than based on the equivalent static, but the opposite on the lower floor. Base shear force for 10-floors building is based on the response spectrum is still relatively close to or nearly equal to the equivalent static, however in higher buildings base shear force greater spectral response of the equivalent static. In general, the shear forces level at the lower level's of the based equivalent static tend to underestimate.

As a result of the earthquake load dynamic response spectrum of reinforcement beams increased 26.67% at lower levels, and decreased 22.22% at the upstairs, extensive shear reinforcement increased 16.67% at lower levels, and decreased 11.11% at the upstairs, column reinforcement ratio increased 0.49% at the lower levels and tend to be similar at upstairs. Broad column shear reinforcement increased by 40% at lower levels, and decreased 40% at upstairs, extensive reinforcement BCJ increased 17.65% at the lower level and the same at upstairs than the equivalent static seismic loads.

Keywords: multistory buildings, horizontal distribution of seismic forces, design of earthquake resistant buildings.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil ‘alamin. Puji dan syukur penulis panjatkan atas segala rahmat, nikmat dan karunia-nya yang telah diberikan kepada penulis. Selawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa manusia menuju alam yang terang benerang. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Implikasi Distribusi Gaya Horisontal Dinamik Respons Spektrum Terhadap Desain Bangunan Tahan Gempa*. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penulisan tugas akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat pertolongan Allah SWT, bimbingan, saran, kritik, kerjasama, serta dorongan motivasi dari beberapa pihak, Alhamdulillah tugas akhir ini dapat terselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam – dalamnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Widodo, MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas bimbingan, kesabaran, dan pengertian yang telah diberikan kepada penulisi dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D., selaku ketua jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan izin selama pembuatan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Moch. Teguh Ir. H,MSCE., Ph.D., selaku dosen penguji Tugas Akhir atas kesediaanya dalam menguji.
4. Bapak Suharyatmo, Ir, MT., selaku dosen penguji Tugas Akhir atas kesediaannya dalam menguji.
5. Kedua orang tua penulis Ayahanda Slamet Subejo dan Ibunda Dahliana H.A yang terus memberikan doa, dukungan, materi dan motivasi selama menuntut ilmu disekolah maupun di bangku kuliah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kedua adik penulis Muhammad Ikhsanul Aziz dan Umi Selda Amalia atas saran dan semangat sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.

7. Pendamping hidup, Kinanti Novia Lestari yang selalu memberikan semangat dan motivasi sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
8. Teman – teman seperjuangan Yogi Agus Stiawan, Vitae Aryani, Ady Kurniawan, Andro Sariosarimuda Wasta, Rianda Ananthama, Akbarsyah Muhammad Tanjung, Rosy Amrullah, Ikhsan Agmala, Akbar, Zain, Syarif, Ardy, Imam, Aya Modina, shelly, Bagus, Rio, Rudi, Sita dan semua teman – teman seperjuangan angkatan 2010 Civil UII Yogyakarta yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.
9. Semua anak – anak kostan lodadi maupun kostan Bu Endang.
10. Segenap pegawai di bagian pengajaran Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas kemudahan yang diberikan selama penyusunan tugas akhir.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu selama ini.

Tiada satu pun yang dapat menggantikan seluruh pertolongan dan kerjasama maupu bimbingan dari semua pihak yang disebutkan diatas, kecuali doa yang penulis haturkan agar kiranya Allah SWT. yang akan berkenang membalasnya.

Akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Desember 2014

Muhammad Ikhwanul Iqbal
10511124

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Motto dan Persembahan	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PEGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.6 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 PENDAHULUAN	5
2.2 PENELITIAN TERDAHULU	7
2.3 KEASLIAN PENELITIAN	9
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 PENDAHULUAN	11
3.2 PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA	12
3.3 KONFIGURASI DAN DENAH BANGUNAN	15
3.4 PROSEDUR PERENCAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA SNI 2012	16

3.4.1 Kategori Resiko	17
3.4.2 Faktor Keutamaan Bangunan	20
3.4.3 Kategori Desain Seismik	20
3.4.4 Jeni Struktur	22
3.4.5 Faktor Reduksi Gempa (R)	23
3.4.6 Pengaruh Redudansi	23
3.4.7 Pengaruh Gempa Vertikal	24
3.4.8 Prosedur Analisis	25
3.4.9 Gaya Geser Dasar (V)	25
3.4.10 Waktu Getar Fundamental (T)	26
3.4.11 Faktor Jenis Struktur (k)	27
3.5 SPEKTRUM RESPON	27
3.6 DISTRIBUSI VERTIKAL GAYA HORIZONTAL EKUIVALEN STATIK	33
3.7 BEBAN GEMPA DINAMIK RESPON SPEKTRUM	34
3.7.1 Persamaan Differensial Gerakan Struktur MDOF	34
3.7.2 Nilai Karakteristik (<i>Eigenproblem</i>)	35
3.7.3 Mode Shapes	36
3.7.4 Analisis Modal	37
3.7.5 Persamaan Differensial <i>Uncoupling</i>	37
3.7.6 Gaya Horizontal Metode Respons Spektrum	39
3.8 ANALISIS STRUKTUR	40
3.9 REDISTRIBUSI MOMEN	41
3.10 PERENCANAAN BALOK TULANGAN LENTUR	43
3.10.1 Tahapan Desain Balok Tulangan Lentur	44
3.11 PERENCANAAN BALOK TULANGAN GESER	49
3.12 PERENCANAAN KOLOM	58
3.12.1 Momen Rencana Kolom	58
3.12.2 Gaya Aksial Rencana Kolom	59
3.12.3 Desain Kolom	60
3.12.4 Diagram $M_n P_n$	61
3.12.5 Gaya Geser Kolom	70

3.12.6 Hubungan Pertemuan Balok Kolom (<i>Beam Column Joint</i>)	73
3.13 PERENCANAAN PONDASI	78
3.13.1 Penentuan Gaya – Gaya Dalam Kolom	78
3.13.2 Penentuan Pondasi Tiang Pancang	78
3.13.3 Kontrol Terhadap Geser Satu Arah (sejauh d)	79
3.13.4 Kontrol Terhadap Geser Dua Arah (sejauh d/2)	79
3.13.5 Penulangan Lentur	80
3.13.6 Cek Penulangan Lentur	81
BAB IV METODE PENELITIAN	84
4.1 LOKASI PENELITIAN	84
4.2 PERUNTUKAN BANGUNAN	84
4.3 PEMODELAN STRUKTUR	84
4.3.1 Kolom	86
4.3.2 Pondasi	86
4.4 PEMBEBANAN STRUKTUR	87
4.4.1 Beban Mati	87
4.4.2 Beban Hidup	88
4.4.3 Beban Gempa	88
4.5 DATA STRUKTUR	88
4.6 TAHAPAN DAN ANALISIS	88
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	90
5.1 <i>PRELIMINARY DESIGN</i>	90
5.1.1 Balok	90
5.1.2 Kolom	90
5.2 PEMBEBANAN STRUKTUR	92
5.2.1 Beban Mati	92
5.2.2 Beban Hidup	92
5.2.3 Beban Dinding	93
5.2.4 Beban Gempa Statik Ekuivalen SNI 03-1726-2012	93
5.2.5 Beban Gempa Dinamik Respons Spektrum	97
5.3 ANALISIS STRUKTUR	111
5.4 PERENCANAAN BALOK	113

5.4.1 Redistribusi Momen Balok	114
5.4.2 Perencanaan Balok Terhadap Lentur	116
5.4.3 Perencanaan Balok Terhadap Geser	124
5.5 PERENCANAAN KOLOM	128
5.5.1 Momen Ultimit Kolom (M_{uk})	129
5.5.2 Gaya Aksial Kolom (N_{uk})	130
5.5.3 Diagram M_nP_n	132
5.5.4 Perencanaan Tulangan Geser Kolom	137
5.5.5 Perhitungan <i>Beam Column Joint</i>	139
5.6 PERENCANAAN PONDASI	142
5.6.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal dan Group	143
5.6.2 Gaya Aksial Pondasi Tiang	144
5.6.3 Perencanaan <i>Pile Cap</i>	146
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	149
6.1 SIMPULAN	149
6.2 SARAN	150
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN	153

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung SNI 03-1726-2012	18
Tabel 3.2 Faktor keutamaan gempa	20
Tabel 3.3 Kategori desain seismik parameter respons percepatan pendek	21
Tabel 3.4 Kategori desain seismik parameter respons percepatan 1 dt	22
Tabel 3.5 Faktor reduksi gempa (R) SNI 03-1726-2012	23
Tabel 3.6 Prosedur analisis yang boleh digunakan	25
Tabel 3.7 Klasifikasi situs yang berkorelasi atas penyelidikan tanah	30
Tabel 3.8 Faktor amplifikasi periode pendek (F_a)	31
Tabel 3.9 Faktor amplifikasi periode 1 detik (F_v)	31
Tabel 5.1 Dimensi balok <i>preliminary design</i>	90
Tabel 5.2 Dimensi kolom <i>preliminary design</i>	92
Tabel 5.3 Berat total bangunan (t)	95
Tabel 5.4 Nilai gaya geser dasar (V) statik ekuivalen	96
Tabel 5.5 Massa dan kekakuan struktur	98
Tabel 5.6 Dimensi balok Preliminary, Desain dan Iterasi	121
Tabel 5.7 Nilai M_{uk} statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum (tm)	129
Tabel 5.8 Nilai N_{uk} statik ekuivalen dan dinamik respons spektrum (t)	131
Tabel 5.9 Dimensi kolom Preliminary, Desain dan Iterasi	136
Tabel 5.10 Gaya dalam pondasi pada kolom K 90/90	142

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Ring of fire</i>	1
Gambar 3.1 Mekanisme runtuh pada portal terbuka	14
Gambar 3.2 S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget MCE_r periode 0,2 dt 2% selama 50 tahun	28
Gambar 3.3 S_1 gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget MCE_r periode 1 dtk 2% selama 50 tahun	28
Gambar 3.4 C_{RS} koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 0,2 dt	29
Gambar 3.5 CR_I koefisien risiko terpetakan, periode respons spektral 1 t	29
Gambar 3.6 Bentuk umum respons spektrum desain SNI 03-1726-2012	32
Gambar 3.7 Struktur 3 DOF, Model matematik dan Free Body Diagram	34
Gambar 3.8 Gaya horisontal tingkat (Restu Faizah, 2013)	40
Gambar 3.9 Redistribusi momen (Widodo, 2000)	42
Gambar 3.10 Distribusi regangan – tegangan balok tulangan sebelah	44
Gambar 3.11 Balok tulangan rangkap	46
Gambar 3.12 Potongan balok dan kopel – kopel gaya	46
Gambar 3.13 Potongan balok dan kopel – kopel gaya momen kapasitas negatif	49
Gambar 3.14 Pola keruntuhan balok	50
Gambar 3.15 Balok portal fengan sendi plastis dikedua ujungnya (Widodo, 2000)	53
Gambar 3.16 <i>Flow chart</i> perhitungan balok tulangan sebelah (Widodo, 2000)	54
Gambar 3.17 <i>Flow chart</i> perhitungan momen tersedia pada balok (Widodo, 2000)	55
Gambar 3.18 <i>Flow chart</i> perhitungan momen kapasitas balok (Widodo, 2000)	56
Gambar 3.19 <i>Flow chart</i> perhitungan geser balok (Widodo, 2000)	57
Gambar 3.20 Momen lentur sendi plastis pada keuda ujung balok (Widodo, 2000)	59
Gambar 3.21 Skema distribusi gaya aksial dalam satu tingkat (Widodo, 2000)	59

Gambar 3.22 a) Penampang kolom b) Diagram tegangan kolom (Widodo, 2000)	62
Gambar 3.23 a) Penampang kolom b) Diagram regangan kolom c) Gaya dalam (Widodo, 2000)	63
Gambar 3.24 <i>Flow chart</i> penulangan kolom bagian I (Widodo, 2000)	67
Gambar 3.25 <i>Flow chart</i> penulangan kolom bagian II (Widodo, 2000)	68
Gambar 3.26 <i>Flow chart</i> diagram interaksi $M_n P_n$ (Widodo, 2000)	69
Gambar 3.27 <i>Flow chart</i> penulangan geser kolom (Widodo, 2000)	72
Gambar 3.28 <i>Flow chart</i> Hubungan balok kolom	73
Gambar 3.29 Panel pertemuan balok dan kolom kondisi sendi plastis	74
Gambar 3.30 <i>Flow chart</i> penulangan <i>beam column joint</i> (Widodo, 2000)	77
Gambar 3.31 <i>Flow chart</i> perhitungan jumlah tiang pondasi (Widodo, 2000)	81
Gambar 3.32 <i>Flow chart</i> perencanaan perhitunga <i>pile cap</i> (Widodo, 2000)	82
Gambar 3.33 <i>Flow chart</i> penulangan lentur pondasi (Widodo, 2000)	83
Gambar 4.1 Denah bangunan tipikal lantai 1-15	84
Gambar 4.2 Potongan bangunan 10 lantai	85
Gambar 4.3 Potongan bangunan 12 lantai	85
Gambar 4.4 Potongan bangunan 15 lantai	86
Gambar 4.5 <i>Flow chart</i> analisis dan desain	89
Gambar 5.1 <i>Tribute area</i> kolom	91
Gambar 5.2 Grafik respons spektrum gempa Yogyakarta SNI 03-1726-2012	94
Gambar 5.3 Gaya horisontal tingkat gempa ekuivalen statik	97
Gambar 5.4 Nilai λ Arah X dan Arah Y	104
Gambar 5.5 Nilai frekuensi sudut ω Arah X dan Arah Y	105
Gambar 5.6 Ordinat mode shapes 1-5	105
Gambar 5.7 Ordinat mode shapes 6-10	105
Gambar 5.8 Ordinat mode shapes 10-15	106
Gambar 5.9 Nilai periode struktur T (dt)	106
Gambar 5.10 Partisipasi mode Γ Arah X dan Arah Y	107
Gambar 5.11 Gaya horisontal tingkat gempa dinamik respons spektrum	107
Gambar 5.12 Gaya horisontal tingkat F_i 10 lantai arah X	108
Gambar 5.13 Gaya horisontal tingkat F_i 12 lantai arah X	108

Gambar 5.14 Gaya horisontal tingkat F_i 15 lantai arah X	109
Gambar 5.15 Gaya horisontal tingkat F_i 10 lantai arah Y	109
Gambar 5.16 Gaya horisontal tingkat F_i 12 lantai arah Y	109
Gambar 5.17 Gaya horisontal tingkat F_i 15 lantai arah Y	110
Gambar 5.18 Nilai gaya geser dasar V (ton)	111
Gambar 5.19 Hasil momen ultimit B2 27,5/55 SNI 1991 dan SNI 2002	112
Gambar 5.20 Nilai momen ultimit ujung balok 10 lantai Arah X dan Y	113
Gambar 5.21 Nilai momen ultimit ujung balok 12 lantai Arah X dan Y	114
Gambar 5.22 Nilai momen ultimit ujung balok 15 lantai Arah X dan Y	114
Gambar 5.23 Momen lentur B2 27,5/55 story I-V	115
Gambar 5.24 Momen lentur B1 37,5/75 story 1-V	115
Gambar 5.25 Penjumlahan komponen tulangan sebelah dan rangkap	118
Gambar 5.26 Perbandingan luas tulangan balok B1 dan B2	122
Gambar 5.27 Momen nominal ujung balok B1 dan B2 (tm)	122
Gambar 5.28 Momen tersedia ujung balok B1 dan B2 (tm)	122
Gambar 5.29 Momen kapasitas ujung balok B1 dan B2 (tm)	123
Gambar 5.30 Diagram gaya – gaya geser balok	125
Gambar 5.31 Perbandingan luas tulangan geser balok daerah sendi plastis	127
Gambar 5.32 Perbandingan luas tulangan geser balok luar sendi plastis	127
Gambar 5.33 Gaya aksial kolom (ton)	128
Gambar 5.34 Momen Ultimit kolom (tm)	129
Gambar 5.35 Gaya aksial ultimit (t)	131
Gambar 5.36 Diagram $M_n P_n$	135
Gambar 5.37 Kebutuhan tuangan K1 90/90	136
Gambar 5.38 Perbandingan luas tulangan geser $A_{geser} L_o$ (mm ²)	138
Gambar 5.39 Perbandingan luas tulangan BCJ (mm ²)	142
Gambar 5.40 Data hasil penyelidikan tanah berdasarkan SPT	143
Gambar 5.41 Konfigurasi kelompok tiang	144
Gambar 5.42 Diagram gaya pondasi	146

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A – Perhitungan gaya gempa statik ekuivalen

Lampiran B – Perhitungan gaya gempa dinamik respon spektrum

Lampiran C – Analisis Struktur

Lampiran D – Desain Balok

1. Redistribusi momen balok
2. Desain lentur balok
3. Desain geser balok

Lampiran E – Desain Kolom

1. Momen ultimit kolom
2. Gaya aksial kolom
3. M_nP_n
4. Desain geser kolom
5. Desain *Beam Column Joint*

Lampiran F – Desain Pondasi

DAFTAR NOTASI

C	= Koefisien gempa dasar
H	= Tinggi portal gedung
V	= Gaya geser dasar
f_i	= Gaya horizontal tingkat i
h_i	= Tinggi tingkat i
I	= Faktor keutamaan bangunan
K	= Faktor jenis struktur
n	= Jumlah tingkat
R	= Faktor reduksi gempa
T	= Waktu getar fundamental
W_i	= Berat bangunan tingkat i
W_t	= Berat total bangunan
Z_j	= Modal amplitudo j
r_j	= Partisipasi mode ke- j
F_{ij}	= Modal seismic force
M	= Matriks massa
ϕ	= Mode Shape
g	= Percepatan grafitasi
F_i	= Gaya horizontal tingkat
$f'c$	= Kuat tekan beton
f_y	= Kuat tarik baja
E_s	= Modulus elastic baja
ε_s	= Regangan baja tarik
ε_s'	= Regangan baja desak
p	= Rasio tulangan
m	= Perbandingan dari tulangan memanjang
R_b	= Koefisien tahanan untuk perencanaan kuat
d	= Jarak titik berat tulangan tarik ke tepi beton tarik
d'	= Jarak titik berat tulangan desak ke tepi beton desak

h	= Jarak titik berat tulangan tarik ke tepi beton tekan
M^+	= Momen positif
M^-	= Momen negative
C_c	= Gaya tekan beton
T_s	= Gaya tarik baja
A_s	= Luas tulangan tarik
A_s'	= Luas tulangan desak
a	= Tinggi balok tegangan beto desak ekuivalen
ϕ	= faktor reduksi kekuatan
β_i	= Konstanta berdasarkan mutu beton
C_s	= Gaya tekan baja
hk'	= Tinggi bersih kolom
K	= Faktor kekuatan struktur berdasarkan tingkat daktilitas struktur
l_i	= Panjang bersih balok kiri
l_a	= Panjang bersih balok kanan
M_d	= Momen akibat beban mati
M_l	= Momen akibat beban hidup
M_e	= Momen akibat gempa
M_n	= Momen nominal
M_{nb}	= Momen nominal kolom kondisi <i>balance</i>
$M_{u,k}$	= Momen ultimit kolom
$M_{u,k,a}$	= Momen ultimit kolom atas <i>joint</i>
$M_{u,k,b}$	= Momen ultimit kolom bawah <i>joint</i>
$M_{kap,i}$	= Momen kapasitas ujung balok kiri
$M_{kap,a}$	= Momen kapasitas ujung balok kanan
N_E	= Gaya aksial akibat gempa
$N_{u,k}$	= Gaya aksial ultimit kolom
$N_{u,k,maks}$	= Gaya aksial ultimit kolom maksimum
$N_{g,k}$	= Gaya aksial ultimit kolom akibat beban gravitasi
ω	= <i>Dynamic magnification factor</i>
P_b	= Gaya aksial kolom dalam kondisi <i>balance</i>
P_d	= Gaya aksial kolom akibat beban mati

P_l	= Gaya aksial kolom akibat beban hidup
P_e	= Gaya aksial kolom akibat beban gempa
$P_{n,k}$	= Gaya aksial nominal kolom
$V_{d,k}$	= Gaya geser kolom akibat beban mati
$V_{l,k}$	= Gaya geser kolom akibat beban hidup
$V_{e,k}$	= Gaya geser kolom akibat beban gempa
A_g	= Luas bruto penampang
A_{sh}	= Luas tulangan sengkang horisontal
A_{sv}	= Luas tulangan sengkang vertikal
B_j	= Lebar <i>joint</i>
C_{ki}	= Gaya beton desak kiri <i>joint</i>
C_{ka}	= Gaya beton desak kanan <i>joint</i>
h_a	= Tinggi kolom atas <i>joint</i>
h_b	= Tinggi kolom bawah <i>joint</i>
h_c	= Tinggi penampang kolom
L_{ba}	= Panjang balok kanan <i>joint</i>
L_{bi}	= Panjang balok kiri <i>joint</i>
L_{ba}'	= Panjang bersih balok kanan
L_{bi}'	= Panjang bersih balok kiri
V_{jh}	= Gaya geser arah horisontal pada <i>joint</i>
V_{ch}	= Gaya geser yang dapat ditahan oleh beton
V_{sh}	= Gaya geser yang dapat ditahan sengkang
V_{cv}	= Gaya geser yang dikerjakan beton