DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xv

DAFTAR NOTASI xvi

ABSTRAKSI xix

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Identifikasi Masalah 3

1.3 Batasan Masalah 4

1.4 Rumusan Masalah 5

1.5 Tujuan Penelitian 5

1.6 Manfaat Penelitian 6

1.7 Pendekatan Masalah 6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1 Tinjauan Umum 7

2.2 Faktor Pembesar Dinamis 8

2.3 Respon struktur 8

2.4 Sistem Rangka Penahan Momen 9

BAB III LANDASAN TEORI 11

3.1 Pendahuluan 11

3.2 Resiko Gempa di Indonesia 12

3.2.1 Gempa Rencana 12

3.2.2 Penyebaran Relatif Magnitude maksimum 12

3.2.3 Percepatan Maksimum Batuan Dasar 14
3.3 Analisis Statik dan Dinamis Portal 16
3.3.1 Beban Lateral Statik Rencana 16
3.3.2 Analisa Dinamis Portal 19
3.4 Respon Struktur Akibat Beban Dinamik dan Statik 21
3.5 Faktor Pembesar Dinamis Kolom 22
3.5.1 Faktor Pembesar Dinamik Momen Kolom Portal Beton 22
3.5.2 Faktor Pembesar Dinamik Untuk Struktur Baja 26
3.6 Disain Struktur Baja Tahan Gempa Menurut Rancangan SNI Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, LRFD 2000 26
3.6.1 Ketentuan Umum 26
3.6.2 Beban dan Kombinasi Beban 27
3.6.3 Metode dalam Analisa Struktur 28
3.6.4 Simpangan Antar lantai 29
3.6.5 Beberapa persyaratan Mengenai Bahan Baja Struktural Untuk Disain di Daerah Rawan Gempa 30
3.6.6 Perencanaan dengan "*Strength Design*" 32
3.6.7 Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) 39
3.7 Hipotesa 53

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 54
4.1 Metode Penelitian 54
4.2 Data struktur, Bahan dan Pembebanan 55
4.3 Cara analisis dan Input Beban 56
4.4 Prosedur Penelitian 56
4.5 Prosedur Disain 57
4.6 Waktu Penelitian 57

BAB V HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN 61
5.1 Pendahuluan 61

5.2 Pembebanan Struktur Untuk Analis Numeris 61
5.3 Evaluasi Hasil Akhir 62
5.3.1 Normalisasi Momen (Dinamik terhadap Statik) 62
5.3.2 Analisis Regresi Linier Terhadap Periode Getar Struktur dan Terhadap variasi Tingkat Struktur 71
5.3.3 Analisis Regresi Linier Untuk Masing-masing variasi Tingkat Struktur 75
5.4 Pembahasan 92
5.4.1 Selimut Momen Kolom Portal Baja 92
5.4.2 Korelasi Energi Statik dan Dinamik 95

BAB VI APLIKASI DISAIN SISTEM RANGKA PENAHAN MOMEN KHUSUS (SRPMK) 99

6.1 Pendahuluan 99
6.2 Pembebanan Struktur 101
6.2.1 Rencana Penempatan Elemen Struktur 101
6.2.2 Pembebanan Lantai dan Berat Total Struktur 102
6.2.3 Perhitungan Gaya Geser Dasar Akibat Gempa dan Distribusinya ke Sepanjang Tinggi Gedung 106
6.2.4 Perhitungan Beban Gravitasi 109
6.3 Analisa Struktur dan Gaya-gaya Dalam Elemen Portal 111
6.4 Perencanaan Balok Portal 112
6.4.1 Momen Rencana Balok, $M_{u,b}$ 112
6.4.2 Redistribusi Momen Balok 113
6.4.3 Kuat Lentur Nominal Elemen balok Portal 119
6.4.4 Gaya Geser Rencana balok 124
6.4.5 Kuat Geser Nominal Balok Portal, Vn 125
6.5 Kolom Portal 127
6.5.1 Momen Rencana kolom Portal 127
6.5.2 Gaya Aksial Rencana Kolom Portal 129
6.5.3 Gaya Geser Rencana Kolom Portal 130

6.5.4 Perencanaan Kolom Terhadap Momen Lentur dan Gaya Aksial Rencana 132
6.5.5 Perencanaan Kolom Terhadap Geser 136
6.5.6 Kontrol kolom Kuat Balok Lemah *(Strong Column Weak Beam)* 137
6.6 Perencanaan Balok Anak 139
6.6.1 Perhitungan Properti Elastis Penampang Komposit 139
6.6.2 Pembebanan dan Gaya Dalam Penampang Komposit .. 141
6.6.3 Kapasitas Lentur Nominal Balok Komposit 142
6.6.4 Kontrol Terhadap Lendutan 144
6.6.5 Perencanaan Konektor Geser 145
6.6.6 Kapasitas Geser Nominal balok 146
6.7 Pendetailan Khusus Pada SRPMK 147
6.7.1 Sambungan Balok-ke-Kolom 147
6.7.2 Perencanaan Daerah Panel Zone 156
6.7.3 Sambungan Kolom 160
6.7.4 Pelat Dasar Kolom 162
6.7.5 Perencanaan Pedestal (kaki kolom) dan Pile Cap 168
6.8 Verifikasi Design 180
6.8.1 Perbandingan Respon yang Terjadi 180
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN 183
7.1 Kesimpulan 183
7.2 Saran 184

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 3.2.1	Magnitude Maksimum	13
Tabel 4.1	Schedule Penelitian Tugas Akhir	57
Tabel 5.3.1	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 5 Lantai	62
Tabel 5.3.2	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 7 Lantai	63
Tabel 5.3.3	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 10 Lantai	63
Tabel 5.3.4	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 12 Lantai	63
Tabel 5.3.5	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 15 Lantai	64
Tabel 5.3.6	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 18 Lantai	64
Tabel 5.3.7	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Baja 20 Lantai	65
Tabel 5.3.8	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 5 Lantai	67
Tabel 5.3.9	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 7 Lantai	67
Tabel 5.3.10	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 10 Lantai	67
Tabel 5.3.11	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 12 Lantai	68
Tabel 5.3.12	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 15 Lantai	68
Tabel 5.3.13	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 18 Lantai	69
Tabel 5.3.14	Faktor Pembesaran Momen Kolom Portal Beton 20 Lantai	69
Tabel 5.3.15	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal Baja	71
Tabel 5.3.16	Hasil Analisis Regresi Linier Portal Baja	71
Tabel 5.3.17	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal Beton	72
Tabel 5.3.18	Hasil Analisis Regresi Linier Portal Beton	72
Tabel 5.3.19	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 5 Lantai	75
Tabel 5.3.20	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 7 Lantai	76
Tabel 5.3.21	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 10 Lantai	76
Tabel 5.3.22	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 12 Lantai	77
Tabel 5.3.23	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 15 Lantai	77
Tabel 5.3.24	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 18 Lantai	78
Tabel 5.3.25	Data Analisis Regresi Linier Struktur Portal 20 Lantai	79

Tabel 5.3.26	Hasil Analisis Regresi Linier Portal Baja, y = ax + b	80
Tabel 5.3.27	Analisis Faktor (a) dan (b) Persamaan Regresi Linier Portal Baja Pada Wilayah Gempa 2	81
Tabel 5.3.28	Analisis Faktor (a) dan (b) Persamaan Regresi Linier Portal Baja Pada Wilayah Gempa 3	83
Tabel 5.3.29	Hasil Analisis Regresi Linier Portal Beton, y = ax + b	86
Tabel 5.3.30	Analisis Faktor (a) dan (b) Persamaan Regresi Linier Portal Beton Pada Wilayah Gempa 2	87
Tabel 5.3.31	Analisis Faktor (a) dan (b) Persamaan Regresi Linier Portal Beton Pada Wilayah Gempa 3	89
Tabel 5.4.1	Contoh Nilai DMF Usulan Model (a) Untuk Wilayah 2	94
Tabel 5.4.2	Contoh Nilai DMF Usulan Model (b) Untuk Wilayah 2	94
Tabel 5.4.3	Contoh Korelasi Energi Statik dan Dinamik Portal Baja 7 Lantai	96
Tabel 5.4.4	Contoh Korelasi Energi Statik dan Dinamik Portal Baja 12 Lantai	96
Tabel 5.4.5	Contoh Korelasi Energi Statik dan Dinamik Portal Baja 18 Lantai	98
Tabel 6.2.1	Berat Tiap Lantai Struktur Portal Baja	106
Tabel 6.2.2	Distribusi Gaya Geser Dasar ke Sepanjang Tinggi Gedung	107
Tabel 6.2.3	Deformasi Lateral Total Akibat Beban Gempa Statik	108
Tabel 6.2.4	Distribusi Gaya Geser Dasar ke Sepanjang Tinggi Gedung	109
Tabel 6.3.1	Simpangan dan *Interstorey Drift*	112
Tabel 6.4.1	ReDistribusi Momen Balok Tepi (B7)	118
Tabel 6.4.2	ReDistribusi Momen Balok Tengah (B8)	118
Tabel 6.4.3	ReDistribusi Momen Balok Tepi (B9)	119
Tabel 6.4.4	Tabel Mu,b Balok Tepi (B7), dan Momen Nominal Balok, Mn	122
Tabel 6.4.5	Tabel Mu,b Balok Tengah (B8), dan Momen Nominal Balok, Mn	123

Tabel 6.4.6	Tabel Mu,b Balok Tepi (B9), dan Momen Nominal Balok, Mn	123
Tabel 6.4.7	Tabel Vu,b dan Kuat Geser Nominal Balok, Vn Balok Tepi (B7)	126
Tabel 6.4.8	Tabel Vu,b dan Kuat Geser Nominal Balok, Vn Balok Tengah (B8)	126
Tabel 6.4.9	Tabel Vu,b dan Kuat Geser Nominal Balok, Vn Balok Tepi (B9)	127
Tabel 6.5.1	Rekapitulasi Gaya Pada Kolom Tepi Portal Baja 18 Lantai	131
Tabel 6.5.2	Rekapitulasi Gaya Pada Kolom Tengah Portal Baja 18 Lantai	132
Tabel 6.5.3	Tabel Iterasi Aksial-Momen Kolom Tepi Portal	135
Tabel 6.5.4	Tabel Iterasi Aksial-Momen Kolom Tengah Portal	136
Tabel 6.5.5	Tabel Rekapitulasi Kontrol *Strong Column Weak Beam*	138
Tabel 6.8.1	Perbandingan Simpangan dan *Interstorey Drift*	184

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1	Sumber-sumber gempa sekitar lepas pantai Bengkulu, Sumatera Selatan, Jawa Barat dan Jawa Tengah	13
Gambar 3-2	Model daerah sumber yang disederhanakan	14
Gambar 3-3	Peta kontur percepatan maksimum batuan dasar dengan periode ulang 200 tahun untuk wilayah Jawa Barat	15
Gambar 3-4	Koefisien Gempa Dasar (C) untuk Wilayah Gempa 2 dan 3	17
Gambar 3-5	Struktur 3-DOF dan pemodelannya	19
Gambar 3-6	Perbandingan pola momen kolom akibat beban statik lateral dan beban dinamis	24
Gambar 3-7	Penyederhanaan Pembesaran Momen	24
Gambar 3-8	Penampang dan variabel profil I	31
Gambar 3-9	Kekuatan Nominal Mn lawan rasio kelangsingan umum (λ) untuk keadaan tekuk lokal flens, tekuk lokal badan	33
Gambar 3-10	Kekuatan Nominal Mn dari penampang "kompak" yang dipengaruhi oleh tekuk torsi-lateral	33
Gambar 3-11	Nilai *Kc* untuk kolom dengan ujung-ujung yang ideal	36
Gambar 3-12	(a) Nilai *Kc* untuk komponen struktur tak bergoyang, dan (b) untuk komponen struktur bergoyang	37
Gambar 3-13	Mekanisme keruntuhan struktur	40
Gambar 3-14	Asumsi lokasi sendi plastis	42
Gambar 3-15	Gaya geser pada sendi plastis	42
Gambar 3-16	Momen plastis balok pada muka dan as kolom	43
Gambar 3-17	Pertemuan balok kolom dan perhitungan momen rencana kolom	44
Gambar 3-18	Gaya aksial rencana pada kolom portal	45
Gambar 3-19	Gaya geser rencana pada kolom portal	46
Gambar 3-20	Contoh sambungan balok-ke-kolom	49

Gambar 3-21	Gaya-gaya yang bekerja pada panel zone	51
Gambar 3-22	Daerah panel zone	52
Gambar 4-1	Flowchart metode penelitian	54
Gambar 4-2.a	Denah Struktur	58
Gambar 4-2.b	Variasi tingkat struktur	58
Gambar 4-3(a)	Gempa El Centro skala beban 100 % dengan percepatan maksimum 0,32 g = 320 cm/dt^2 (Wilayah 2 dengan magnitude 7)	59
Gambar 4-3(b)	Gempa El Centro skala beban 60 % dengan percepatan maksimum 0,20 g = 190 cm/dt^2 (Wilayah 3 dengan magnitude 6)	59
Gambar 4-4	Flowchart Analisis Struktur	60
Gambar 5-1	Pola normalisasi selimut momen statik dan dinamik portal baja dengan berbagai variasi tingkat	66
Gambar 5-2	Pola normalisasi selimut momen statik dan dinamik portal beton dengan berbagai variasi tingkat	70
Gambar 5-3	Nilai DMF vs T_1 Kolom Tepi Pada Wilayah Gempa 2	72
Gambar 5-4	Nilai DMF vs T_1 Kolom Tengah Pada Wilayah Gempa 2	73
Gambar 5-5	Nilai DMF vs Tingkat (n) Kolom Tepi Pada Wilayah Gempa 2	73
Gambar 5-6	Nilai DMF vs Tingkat (n) Kolom Tengah Pada Wilayah Gempa 2	73
Gambar 5-7	Nilai DMF vs T_1 Kolom Tepi Pada Wilayah Gempa 3	74
Gambar 5-8	Nilai DMF vs T_1 Kolom Tengah Pada Wilayah Gempa 3	74
Gambar 5-9	Nilai DMF vs Tingkat (n) Kolom Tepi Pada Wilayah Gempa 3	74
Gambar 5-10	Nilai DMF vs Tingkat (n) Kolom Tengah Pada Wilayah Gempa 3	75
Gambar 5-11	Plot DMF Calculated Portal Baja Pada Wilayah Gempa 2	80
Gambar 5-12(a)	Grafik hubungan faktor (a) dan variasi tingkat struktur (n)	81
Gambar 5-12(b)	Grafik hubungan faktor (b) dan variasi tingkat struktur (n)	81

Gambar 5-13	Plot DMF Predicted Pada Wilayah Gempa 2	82
Gambar 5-14	Korelasi Nilai DMF Portal Baja, Predicted vs Calculated	82
Gambar 5-15	Plot DMF Calculated Pada Wilayah Gempa 3	83
Gambar 5-16(a)	Grafik hubungan faktor (a) dan variasi tingkat struktur (n)	84
Gambar 5-16(b)	Grafik hubungan faktor (b) dan variasi tingkat struktur (n)	84
Gambar 5-17	Plot DMF Predicted Pada Wilayah Gempa 3	85
Gambar 5-18	Korelasi Nilai DMF Portal Baja, Predicted vs Calculated	85
Gambar 5-19	Plot DMF Calculated Portal Beton Pada Wilayah 2	86
Gambar 5-20(a)	Grafik hubungan faktor (a) dan variasi tingkat struktur (n)	87
Gambar 5-20(b)	Grafik hubungan faktor (b) dan variasi tingkat struktur (n)	87
Gambar 5-21	Plot DMF Predicted Pada Wilayah Gempa 2	88
Gambar 5-22	Korelasi DMF Portal Beton, Predicted vs Calculated	88
Gambar 5-23	Plot DMF Calculated Portal Beton Pada Wilayah Gempa 3	89
Gambar 5-24(a)	Grafik hubungan faktor (a) dan variasi tingkat struktur (n)	90
Gambar 5-24(b)	Grafik hubungan faktor (b) dan variasi tingkat struktur (n)	90
Gambar 5-25	Plot DMF Predicted Pada Wilayah Gempa 3	91
Gambar 5-26	Korelasi nilai DMF portal Beton, Predicted vs Calculated	91
Gambar 5-27	Usulan DMF struktur baja	93
Gambar 5-28	Korelasi energi statik dan dinamik portal baja tingkat 5, 7 dan 10	95
Gambar 5-29	Korelasi energi statik dan dinamik portal tingkat 12, 15, 18 dan 20	97
Gambar 6-1(a)	Denah Model Struktur Baja 18 lantai	100
Gambar 6-1(b)	Model 3-D struktur Portal Baja 18 lantai	100
Gambar 6-2	Potongan Portal – B	101
Gambar 6-3	Tributari Area Pembebanan Portal arah-x dan arah-y	102
Gambar 6-4	Beban Trapezoidal dan Segitiga yang bekerja pada balok	109
Gambar 6-5	Diagram Momen Pada Balok	114
Gambar 6-6	Hasil Redistribusi momen balok B4 lantai-4	115
Gambar 6-7	Hasil Redistribusi momen balok B5 lantai-4	116
Gambar 6-8	Hasil Redistribusi momen balok B6 lantai-4	117

Gambar 6-9 Momen balok lantai-4 sebelum dan sesudah Redistribusi 117
Gambar 6-11 Penampang komposit balok anak bentang 8 m 135
Gambar 6-12 Penampang komposit balok anak bentang 6,5 m 136
Gambar 6-13(a) Beban yang bekerja 137
Gambar 6-13(b) Diagram Momen Lentur 137
Gambar 6-13(c) Gaya geser balok 137
Gambar 6-14 Distribusi tegangan plastis penampang komposit ($a < t_s$) 138
Gambar 6-15 Rencana penempatan stud geser 140
Gambar 6-16 Sambungan Menggunakan Pelat Tarik 142
Gambar 6-17 Daerah panel 151
Gambar 6-18 Detail sambungan baut *Flange Plate* menahan tarik 154
Gambar 6-19 Sambungan kolom – kolom 155
Gambar 6-20 Analisis pelat dasar kolom 158
Gambar 6-21 Desain pelat dasar 160
Gambar 6-22 Penampang pedestal kolom 164
Gambar 6-23 Konfigurasi kelompok tiang pancang 165
Gambar 6-24 Reaksi tiang pancang akibat beban aksial dan momen 166
Gambar 6-25 Penampang kritis *Pile Cap* akibat geser 167
Gambar 6-26 Penampang kritis *Pile Cap* akibat momen 169
Gambar 6-27 Detail penumpu kolom (Pedestal) 173
Gambar 6-28 Detail kepala tiang (*Pile Cap*) 174
Gambar 6-29 Penempatan Profil dan Nilai DMF yang dipergunakan 180
Gambar 6-30 Simpangan Tingkat 182

DAFTAR LAMPIRAN

KARTU PESERTA TUGAS AKHIR

LAMPIRAN A : ANALISA STRUKTUR

Tabel Daftar Profil *Wide Flange & Heavy Duty Column* A-1

Tabel Pembebanan Struktur untuk Analisis Statik dan Dinamik di Wilayah Gempa 2 ..... A-2

Tabel Pembebanan Struktur untuk Analisis Statik dan Dinamik di Wilayah Gempa 3 ..... A-3

Output Momen Statik dan Dinamik A-4

LAMPIRAN B : DISAIN STRUKTUR

Tabel Momen Rencana Balok, $M_{u,b}$ B-1

Tabel Redistribusi Momen Rencana Balok, $M_{u,b}$ B-2

Tabel Perhitungan Momen Nominal Balok, $\phi M_{n,b}$ B-3

Tabel Rekapitulasi Momen pada Balok B-4

Tabel Gaya Geser Rencana Balok, $V_{u,b}$ B-5

Tabel Perhitungan Geser Nominal Balok, $\phi V_{n,b}$ B-6

Tabel Momen Rencana Kolom, $M_{u,k}$ B-7

Tabel Gaya Aksial Rencana Kolom, $P_{u,k}$ B-8

Tabel Gaya Geser Rencana Kolom, $V_{u,k}$ B-9

Tabel Perhitungan Iterasi Aksial-Momen Kolom B-10

Tabel Perhitungan Geser Nominal Kolom, $\phi V_{n,k}$ B-11

Tabel Perhitungan Kontrol Persyaratan *Strong Column Weak Beam* B-12