

ANALISIS DAN DESAIN BALOK BENTANG 18 M PADA GEDUNG 9 LANTAI DENGAN BETON PRATEGANG DAN BAJA PROFIL KHUSUS

CAECILIA ELEONORA

NRP : 0921051

Pembimbing : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T, M.T.

ABSTRAK

Balok bentang panjang perlu mendapatkan perhitungan khusus dalam mempertahankan bangunan agar tetap stabil. Beberapa solusi mengatasi balok bentang panjang dengan menggunakan beton prategang atau dengan menggunakan balok baja profil khusus.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan analisis dan desain balok bentang 18 meter pada gedung 9 lantai dengan balok beton prategang dan baja profil khusus dan pembahasannya meliputi waktu getar alami, gaya geser dasar akibat beban gempa dengan analisis dinamik respons spektrum, peralihan dan *drift*, dan perencanaan meliputi balok, kolom, dan sambungan balok induk dengan kolom.

Dapat disimpulkan bahwa waktu getar alami bangunan A lebih besar daripada bangunan B, gaya geser dasar bangunan A lebih besar daripada bangunan B, diikuti dengan hasil *drift* bangunan A yang lebih besar, jumlah tulangan balok B153 pada bangunan B membutuhkan tulangan lebih banyak daripada balok B153 pada bangunan A. Desain beton prategang, didapat tipe strands 5-37, jumlah tulangan non-prategang 5D25, tipe angkur E. Satu balok beton prategang 7 kali lebih berat dari balok baja profil khusus.

Kata kunci : SNI 1726-2002, Baja profil khusus, Beton prategang, Balok bentang panjang, Gempa

ANALYSIS AND DESIGN OF 18-M PRESTRESSED CONCRETE AND SPECIAL PROFILE STEEL BEAMS ON 9-STOREY BUILDING

CAECILIA ELEONORA

NRP : 0921051

Supervisor : Dr. YOSAFAT AJI PRANATA, S.T, M.T.

ABSTRACT

Slender beams need to get a special calculation to maintain the building in order to remain stable. Some solutions to overcome long-span beams using prestressed concrete box beams or by using a special profile.

The purpose of writing this final project is the analysis and design of beams span 18 meters on 9 floors with the building of prestressed concrete beams and steel special profiles and discussion include natural vibration period, base shear force due to earthquake loads with dynamic response spectrum analysis, transfer and drift, and planning includes beams, columns, and main beam to column connections.

It can be concluded that the natural vibration period building A is greater than B building, building a base shear force is greater than building B, followed by the results of drift A larger building, the amount of reinforcement beams in buildings B B153 require more reinforcement than beams B153 on building A. Design of prestressed concrete, 5-37 strands derived type, the number of non-prestressed reinforcement 5D25, anchor type E. One prestressed concrete beam 7 times more weight than one special profile steel beam.

Keywords: SNI 1726-2002, Special profile steel, Prestressed concrete, Slender beams, Earthquake

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Pernyataan Orisinalitas Laporan Tugas Akhir.....	iii
Pernyataan Publikasi Laporan Penelitian	iv
Kata Pengantar	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xviii
Daftar Notasi.....	xxi
Daftar Lampiran.....	xxvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	5
2.1 Material Penyusun Struktur	5
2.1.1 Beton.....	5
2.1.2 Baja Tulangan.....	7
2.1.3 Baja.....	7
2.1.3.1 Tipe Profil Struktur Baja.....	8
2.1.3.2 Perilaku Tegangan Regangan Baja	9
2.1.4 Beton Prategang.....	11
2.2 Bangunan Gedung Tahan Gempa.....	18

2.2.1 Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa	18
2.2.2 Bangunan Baja Tahan Gempa.....	18
2.3 Beban.....	19
2.3.1 Beban Gravitasi	19
2.3.2 Beban Gempa.....	22
2.4 Peraturan Beton Berdasarkan SNI 2847-2002.....	23
2.4.1 Ketentuan Khusus untuk Perencanaan Gempa.....	23
2.4.2 Komponen Struktur Lentur pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	25
2.4.3 Komponen Struktur yang Menerima Kombinasi Lentur dan Beban Aksial pada SRPMK.....	32
2.4.4 Beton Prategang	40
2.5 Peraturan Beban Gempa Indonesia SNI 1726-2002.....	67
2.5.1 Pengertian Analisis Statik dan Analisis Dinamik Spektrum Respons	67
2.5.2 Gempa Rencana dan Kategori Gedung.....	68
2.5.3 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons.....	69
2.5.4 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan.....	73
2.5.5 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	74
2.5.6 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma.....	80
2.5.7 Pembatasan Penyimpangan Lateral.....	80
2.5.8 Kekakuan Struktur.....	81
2.5.9 Analisis Dinamik Respons Spektrum.....	82
2.6 Sambungan.....	84
2.6.1 Desain Baut terhadap Geser.....	85
2.6.2 Desain Baut terhadap Tumpu.....	85
2.6.3 Baut yang Memikul Gaya Tarik.....	85
2.6.4 Angkur Baja.....	86
2.6.5 Sambungan Las.....	87
2.8 Perangkat Lunak ETABS.....	90
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN.....	91
3.1 Data Struktur Bangunan Gedung <i>Showroom</i> Mobil.....	91

3.1.1 Data Struktur	91
3.1.2 Data Material.....	93
3.2 Pemodelan Gedung.....	93
3.3 Analisis Dinamik Respon Spektrum.....	117
3.3.1 Faktor Skala dan Arah Utama	123
3.3.2 Pembahasan Hasil Analisis Dinamik Respon Spektrum	127
3.4 Analisis Dinamik Respon Spektrum Akibat Balok Profil Khusus	130
3.4.1 Faktor Skala dan Arah Utama	136
3.4.2 Pembahasan Hasil Analisis Dinamik Respon Spektrum	139
3.5 Desain Penulangan Balok.....	142
3.5.1 Desain Tulangan Balok Pada Bangunan Beton Bertulang	143
3.5.2 Desain Tulangan Balok Pada Bangunan dengan Profil Baja Khusus.....	164
3.6 Desain Penulangan Kolom	183
3.6.1 Desain Tulangan Kolom Pada Bangunan Beton Bertulang	183
3.6.2 Desain Tulangan Kolom Pada Bangunan dengan Profil Baja Khusus.....	194
3.7 Desain Balok Prategang.....	205
3.8 Sambungan Balok Induk-Kolom.....	234
3.9 Pembahasan Hasil Analisis.....	237
3.9.1 Waktu Getar Alami dan Gaya Geser Dasar	237
3.9.2 Peralihan dan <i>Drift</i>	238
3.9.3 Penulangan Balok Beton Bertulang	240
3.9.4 Penulangan Kolom Beton Bertulang.....	241
3.9.5 Balok Bentang 18 meter	241
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	243
4.1 Kesimpulan	243
4.2 Saran	244
Daftar Pustaka	245
Lampiran	246

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerusakan bangunan mesjid akibat gempa bumi di Yogyakarta pada tahun 2006.....	1
Gambar 1.2	Bagan Alir Studi.....	4
Gambar 2.1	Profil-profil Standar.....	9
Gambar 2.2	Diagram Tegangan-Regangan Baja.....	10
Gambar 2.3	Proses Pembuatan Beton Prategang Pratarik.....	12
Gambar 2.4	Proses Pembuatan Beton Prategang Pascatarik.....	12
Gambar 2.5	Balok Prategang dengan Tendon Parabola.....	13
Gambar 2.6	Beban Imbang w_b	14
Gambar 2.7	Tegangan Serat pada Beton dengan Tendon Lurus.....	15
Gambar 2.8	Diagram <i>freebody</i> balok beton bertulang dan balok beton prategang.....	17
Gambar 2.9	Kedudukan gaya tekan pada <i>C-line</i>	17
Gambar 2.10	Penampang dengan Tulangan Ganda.....	28
Gambar 2.11	Desain Penulangan Lentur Balok Berdasarkan SRPMK.....	30
Gambar 2.12	Desain Penulangan Geser Balok Berdasarkan SRPMK.....	31
Gambar 2.13	Distribusi Tegangan yang Sesuai dengan Titik pada Diagram Interaksi.....	33
Gambar 2.14	Contoh Tulangan Transversal pada Kolom.....	36
Gambar 2.15	Desain Penulangan Lentur Kolom Berdasarkan SRPMK.....	38
Gambar 2.16	Desain Penulangan Geser Kolom Berdasarkan SRPMK.....	39
Gambar 2.17	Skema Penampang Balok.....	40
Gambar 2.18	Skema Penampang dalam Keadaan Lentur Batas.....	44
Gambar 2.19	Bagan Alir Perencanaan Geser dan Torsi.....	53
Gambar 2.20	Bagan Alir Perencanaan Geser dan Torsi(lanjutan)	54
Gambar 2.21	Daerah Angkur.....	58
Gambar 2.22	Pengaruh dari Perubahan Potongan Penampang.....	59
Gambar 2.23	Contoh Model Penunjang dan Pengikat.....	60

Gambar 2.24	Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Batuan Dasar dengan Periode Ulang 500 Tahun.....	71
Gambar 2.25	Respons Spektrum Gempa Rencana.....	71
Gambar 2.26	Respons Spektrum Gempa Rencana (lanjutan)	72
Gambar 2.27	Tipe-tipe Sambungan Las.....	88
Gambar 2.28	Jenis-jenis Sambungan Las.....	89
Gambar 3.1	Profil Baja Khusus.....	92
Gambar 3.2	Tampilan <i>New Model Initialization</i>	93
Gambar 3.3	Tampilan Pembuatan Grid.....	94
Gambar 3.4	<i>Input Plan Grid</i> Secara Manual.....	94
Gambar 3.5	Tampilan <i>Grid Data</i> Sesuai Ukuran.....	95
Gambar 3.6	Mendefinisikan Material.....	95
Gambar 3.7	<i>Input Data</i> Properti Material Beton.....	96
Gambar 3.8	<i>Input Data</i> Properti Material Baja.....	96
Gambar 3.9	Mendefinisikan Jenis Balok dan Kolom.....	97
Gambar 3.10	Input Dimensi Balok Induk.....	98
Gambar 3.11	Input Dimensi Balok Induk 2.....	98
Gambar 3.12	Input Dimensi Balok Induk 3.....	99
Gambar 3.13	Input Dimensi Balok Anak.....	99
Gambar 3.14	Input Dimensi Balok Anak Lift.....	100
Gambar 3.15	Input Dimensi Balok Anak Tangga.....	100
Gambar 3.16	Input Dimensi Kolom Lantai 1-5.....	101
Gambar 3.17	Input Dimensi Kolom Lantai 1-5 (Circle).....	101
Gambar 3.18	Input Dimensi Kolom Lantai 6-9.....	102
Gambar 3.19	Input Dimensi Kolom Lantai 6-9 (Circle).....	102
Gambar 3.20	<i>Reinforcement</i> Data Untuk Balok.....	103
Gambar 3.21	<i>Reinforcement</i> Data Untuk Kolom.....	103
Gambar 3.22	<i>Section Properties</i> Untuk Balok Profil Baja Khusus.....	104
Gambar 3.23	Mendefinisikan Jenis Pelat.....	104
Gambar 3.24	<i>Input</i> Dimensi Ukuran Pelat Lantai Kantor.....	105
Gambar 3.25	<i>Input</i> Dimensi Ukuran Pelat Lantai <i>Showroom</i>	105
Gambar 3.26	<i>Input</i> Dimensi Ukuran Pelat Atap.....	106

Gambar 3.27	Model Struktur Gedung Tiga Dimensi.....	106
Gambar 3.28	Potongan Struktur Gedung Portal E.....	107
Gambar 3.29	Denah Lantai Atap.....	107
Gambar 3.30	Denah Lantai 2, 4, 6, dan 8.....	108
Gambar 3.31	Denah Lantai 1, 3, 5, dan 7.....	108
Gambar 3.32	<i>Input</i> Perletakan.....	109
Gambar 3.33	Membuat <i>Rigid Diaphragm</i> Pada Pelat.....	109
Gambar 3.34	<i>Rigid Diaphragm</i> Pada Tiap Pelat.....	110
Gambar 3.35	Mendefinisikan <i>Static Load Case</i>	110
Gambar 3.36	<i>Input</i> Beban <i>Super Dead Load</i> Pada Pelat Atap.....	112
Gambar 3.37	<i>Input</i> Beban <i>Super Dead Load</i> Pada Pelat Lantai 1-8.....	113
Gambar 3.38	<i>Input</i> Beban <i>Live Load</i> Pada Pelat Atap.....	113
Gambar 3.39	<i>Input</i> Beban <i>Live Load</i> Pada Pelat Lantai 1-9.....	113
Gambar 3.40	<i>Input</i> Beban <i>Super Dead Load</i> Pada Balok.....	114
Gambar 3.41	Tampilan <i>Input</i> Kombinasi Pembebanan.....	114
Gambar 3.42	<i>Modification Factors</i>	119
Gambar 3.43	<i>Response Spectrum Function</i>	120
Gambar 3.44	<i>Response Spectrum Cases</i>	121
Gambar 3.45	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan.....	121
Gambar 3.46	<i>Special Seismic Load Effects</i>	122
Gambar 3.47	<i>Dynamic Analysis Parameters</i>	122
Gambar 3.48	<i>Run Analysis</i>	122
Gambar 3.49	<i>Response Spectra</i>	125
Gambar 3.50	Hasil <i>Response Spectrum Base Reaction</i>	126
Gambar 3.51	Nilai α (-57,389 ⁰) Untuk V_{dx} dan V_{dy} Saling Mendekati...	126
Gambar 3.52	Letak Point 45 pada Denah.....	127
Gambar 3.53	<i>Modification Factors</i>	132
Gambar 3.54	<i>Response Spectrum Function</i>	133
Gambar 3.55	<i>Response Spectrum Cases</i>	134
Gambar 3.56	<i>Input</i> Kombinasi Pembebanan.....	134
Gambar 3.57	<i>Special Seismic Load Effects</i>	135
Gambar 3.58	<i>Dynamic Analysis Parameters</i>	135

Gambar 3.59	<i>Run Analysis</i>	135
Gambar 3.60	<i>Response Spectra</i>	138
Gambar 3.61	Hasil <i>Response Spectrum Base Reaction</i>	139
Gambar 3.62	Nilai α (-10,152 ⁰) Untuk V_{dx} dan V_{dy} Saling Mendekati...	139
Gambar 3.63	Letak Point 45 pada Denah.....	140
Gambar 3.64	Balok dan Kolom yang Ditinjau pada Lantai 3.....	142
Gambar 3.65	Diagram Momen M_{3-3} Balok B153 (kN.m).	143
Gambar 3.66	Diagram Momen M_{3-3} Lapangan Balok B153.....	150
Gambar 3.67	Diagram <i>Shear</i> V_{2-2} Balok B153.....	153
Gambar 3.68	Daerah Sendi Plastis Balok.....	154
Gambar 3.69	Diagram Gaya Geser pada Jarak 6m.....	159
Gambar 3.70	Letak Gaya Torsi pada Jarak 0 m.....	160
Gambar 3.71	Diagram <i>Torsion</i> pada Jarak 0 m.....	160
Gambar 3.72	Dimensi Penampang yang menghasilkan A_{cp} dan p_{cp}	161
Gambar 3.73	Gambar Penulangan Balok.....	163
Gambar 3.74	Diagram Momen M_{3-3} Balok B153.....	164
Gambar 3.75	Diagram Momen M_{3-3} Lapangan Balok B153.....	170
Gambar 3.76	Diagram <i>Shear</i> V_{2-2} Balok B153.....	173
Gambar 3.77	Daerah Sendi Plastis Balok.....	174
Gambar 3.78	Letak Gaya Geser pada Jarak 6 m.....	179
Gambar 3.79	Diagram Gaya Geser pada Jarak 6m.....	179
Gambar 3.80	Letak Gaya Torsi pada Jarak 0 m.....	179
Gambar 3.81	Diagram <i>Torsion</i> pada Jarak 0 m.....	180
Gambar 3.82	Dimensi Penampang yang menghasilkan A_{cp} dan p_{cp}	181
Gambar 3.83	Gambar Penulangan Balok.....	183
Gambar 3.84	<i>General Information</i>	184
Gambar 3.85	<i>Material Properties</i>	184
Gambar 3.86	<i>Circular Section</i>	185
Gambar 3.87	<i>All Sides Equal</i>	185
Gambar 3.88	<i>Factored Loads</i>	185
Gambar 3.89	<i>P-M Diaghram</i>	186
Gambar 3.90	Gambar Penulangan Kolom.....	194

Gambar 3.91	<i>General Information</i>	195
Gambar 3.92	<i>Material Properties</i>	195
Gambar 3.93	<i>Rectangular Section</i>	196
Gambar 3.94	<i>All Sides Equal</i>	196
Gambar 3.95	<i>Factored Loads</i>	197
Gambar 3.96	<i>P-M Diaghram</i>	197
Gambar 3.97	Gambar Penulangan Kolom.....	205
Gambar 3.98	Diagram Geser dan Momen Pada Jarak $x_1 = 0,1$ m.....	220
Gambar 3.99	Diagram Geser dan Momen Pada Jarak $x_2 = 0,7$ m.....	221
Gambar 3.100	Diagram Geser dan Momen Pada Jarak $x_3 = 0,635$ m.....	221
Gambar 3.101	Penulangan Beton Prategang Potongan (a), Memanjang (b)	228
Gambar 3.102	Diagram Gaya Geser pada Jarak 18 m (V_2).....	229
Gambar 3.103	Diagram Gaya Geser pada Jarak 18 m (V_3).....	229
Gambar 3.104	Diagram <i>Torsion</i> pada Jarak 13,5 m.....	229
Gambar 3.105	Dimensi Penampang yang Menghasilkan nilai A_{cp} dan p_{cp}	231
Gambar 3.106	Diagram Gaya Geser pada Jarak 13,5 m.....	231
Gambar 3.107	Diagram <i>Torsion</i> pada Jarak 13,5 m.....	232
Gambar 3.108	Detail Sambungan Balok Induk-Kolom (a), Potongan 1 (b)	234
Gambar 3.109	Diagram Tarik dan Tekan Angkur.....	236
Gambar L.3.1	Denah Lantai 1, 3, 5, 7 dan 9.....	249
Gambar L.3.2	Denah Lantai 2, 4, 6, dan 8.....	250
Gambar L.3.3	Tampak Samping Struktur.....	251
Gambar L.3.4	Model 3D Bangunan	251
Gambar L.3.5	Denah Struktur Lantai 1, 3, 5, 7, dan 9.....	252
Gambar L.4.1	Profil Beton Prategang.....	254
Gambar L.4.2	Profil Baja Khusus	254
Gambar L.5.1	Detail Penulangan Balok dan Kolom (Bangunan A).....	256
Gambar L.5.2	Detail Penulangan Balok dan Kolom (Bangunan B)	257
Gambar L.6.1	Tabel Profil Baja IWF.....	259
Gambar L.6.2	Tabel Profil <i>Pipe</i>	260
Gambar L.7	Spesifikasi <i>Stressing Anchorage VSL Type E</i>	262

Gambar L.8.1 Letak Titik Berat $\frac{1}{2}$ Lingkaran Besar.....	264
Gambar L.8.2 Letak Titik Berat $\frac{1}{2}$ Lingkaran Kecil	264
Gambar L.8.3 Letak Titik Berat $\frac{1}{2}$ Lingkaran Berongga.....	265
Gambar L.9.1 Gambar Portal.....	270
Gambar L.9.2 Gambar Portal dengan Kelebihan Gaya $H_c = 1$	270
Gambar L.9.3 Hasil <i>ETABS</i>	273
Gambar L.10.1 Lendutan pada Lantai 9.....	275
Gambar L.10.2 Lendutan pada Lantai 9.....	275
Gambar L.10.3 Lendutan pada Lantai 9.....	275
Gambar L.10.4 Lendutan pada Lantai 9.....	276
Gambar L.10.5 Lendutan pada Lantai 9.....	276

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanis Baja Struktural (SNI 1729-2002).....	8
Tabel 2.2	Perbedaan Beton Bertulang vs Beton Prategang.....	16
Tabel 2.3	Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung....	20
Tabel 2.4	Beban Hidup pada Lantai Gedung.....	22
Tabel 2.5	Tebal Minimum Balok <i>Non</i> -Prategang atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan tidak Dihitung.....	26
Tabel 2.6	Faktor Keutamaan (<i>I</i>) untuk berbagai Kategori Gedung dan Bangunan.....	69
Tabel 2.7	Percepatan Puncak Batuan Dasar dan Percepatan Puncak Muka Tanah untuk Masing-masing Wilayah Gempa Indonesia.....	70
Tabel 2.8	Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung.....	75
Tabel 2.9	Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum.....	75
Tabel 2.10	Ukuran Minimum Las Sudut.....	89
Tabel 3.1	<i>Modal Participating Mass Ratio</i>	117
Tabel 3.2	<i>Center Mass Rigidity</i>	118
Tabel 3.3	Berat Struktur.....	118
Tabel 3.4	<i>Response Spectrum Base Reaction</i>	124
Tabel 3.5	<i>Point Displacement</i>	127
Tabel 3.6	Kinerja Batas Layan Arah x.....	128
Tabel 3.7	Kinerja Batas Layan Arah y.....	128
Tabel 3.8	Kinerja Batas Ultimit Arah x.....	129
Tabel 3.9	Kinerja Batas Ultimit Arah y.....	129
Tabel 3.10	<i>Modal Participating Mass Ratio</i>	130

Tabel 3.11	<i>Center Mass Rigidity</i>	131
Tabel 3.12	Berat Struktur.....	131
Tabel 3.13	<i>Response Spectrum Base Reaction</i>	137
Tabel 3.14	<i>Point Displacement</i>	140
Tabel 3.15	Kinerja Batas Layan Arah x.....	140
Tabel 3.16	Kinerja Batas Layan Arah y.....	141
Tabel 3.17	Kinerja Batas Ultimit Arah x.....	141
Tabel 3.18	Kinerja Batas Ultimit Arah y.....	142
Tabel 3.19	Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Ganda Balok.....	152
Tabel 3.20	Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Ganda Balok.....	153
Tabel 3.21	Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Ganda Balok.....	173
Tabel 3.22	Hasil Perhitungan Tulangan Lentur Ganda Balok.....	173
Tabel 3.23	Perhitungan Luas Tulangan.....	188
Tabel 3.24	Perhitungan Momen Nominal Balok.....	188
Tabel 3.25	Perhitungan Momen Kapasitas Kolom.....	193
Tabel 3.26	Perhitungan Momen Kapasitas Balok.....	193
Tabel 3.27	Perhitungan Luas Tulangan Geser Akibat Kombinasi 3	193
Tabel 3.28	Jarak Tulangan Geser yang Digunakan.....	194
Tabel 3.29	Perhitungan Luas Tulangan.....	199
Tabel 3.30	Perhitungan Momen Nominal Balok.....	199
Tabel 3.31	Perhitungan Momen Kapasitas Kolom.....	203
Tabel 3.32	Perhitungan Momen Kapasitas Balok.....	204
Tabel 3.33	Perhitungan Luas Tulangan Geser Akibat Kombinasi 3	204
Tabel 3.34	Jarak Tulangan Geser yang Digunakan.....	204
Tabel 3.35	Hasil Waktu Getar.....	237
Tabel 3.36	Hasil Gaya Geser Dasar.....	237
Tabel 3.37	Hasil <i>Displacement</i> Arah x.....	238
Tabel 3.38	Hasil <i>Displacement</i> Arah y.....	238
Tabel 3.39	Hasil <i>Drift</i> Δs antar tingkat (mm) Arah x.....	238
Tabel 3.40	Hasil <i>Drift</i> Δs antar tingkat (mm) Arah y.....	239
Tabel 3.41	Hasil <i>Drift</i> Δm antar tingkat (mm) Arah x.....	239
Tabel 3.42	Hasil <i>Drift</i> Δm antar tingkat (mm) Arah y.....	240

Tabel 3.43	Hasil Penulangan Ganda Balok.....	240
Tabel 3.44	Hasil Penulangan Kolom.....	241
Tabel 3.45	Perbandingan Berat Balok Prategang & Balok Baja.....	242

DAFTAR NOTASI

a	Tinggi balok persegi ekivalen
A_c	Luas penampang bruto beton
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_{ps}	Luas tulangan prategang di daerah tarik
A'_s	Luas tulangan tekan
A_s	Luas tulangan tarik nonprategang
$A_{s \max}$	Luas tulangan maksimum yang diperlukan
$A_{s \min}$	Luas tulangan minimum yang diperlukan
A_{st}	Luas total tulangan longitudinal (mm^2)
A_v	Luas tulangan (mm^2)
b	Lebar balok (mm)
C	Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepaan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana C_v Faktor Respons Gempa vertical untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsure struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
C_a	Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepaan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
C_v	Faktor Respons Gempa vertical untuk mendapatkan beban gempa vertikal nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
c_b	Jarak garis berat ke tepi bawah
c_t	Jarak garis berat penampang ke tepi atas
d	Tinggi efektif penampang

d	Jarak dari serat terluar ke pusat berat tulangan tarik
db	Diameter nominal batang tulangan (mm)
d'	Jarak dari serat terluar ke pusat berat tulangan tekan
d_p	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan prategang
d_{ps}	Diameter tulangan prategang
e	Eksentrisitas beban sejajar dengan sumbu komponen struktur diukur dari pusat berat penampang
E_c	Modulus Elastisitas beton
E_s	Modulus elastisitas baja
f_c'	Kuat tekan beton (MPa)
F_i	Beban gempa nominal statik ekuivalen lantai ke-i
f_{ps}	Tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal
f_{pu}	Kuat tarik tendon prategang
f_{py}	Kuat leleh tendon prategang
f_y	Kuat leleh tulangan lentur yang disyaratkan, MPa
f_{ys}	Kuat leleh tulangan geser yang disyaratkan, Mpa
G	Modulus elastis geser baja = 80.000 Mpa
g	Percepatan gravitasi
H	Tinggi total
h_i	Tinggi lantai gedung ke-i
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.
L_n	Bentang bersih, mm
l_o	Panjang minimum, diukur dari muka join sepanjang sumbu komponen struktur dimana harus disediakan tulangan transversal
MDL	Momen akibat beban mati
M_u	Momen
n	Jumlah lantai
P	Gaya Prategang

P_i	Tegangan prategang awal
P_u	Beban aksial terfaktor (kg)
r	Radius girasi komponen struktur tekan
R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastic penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi gempa representative struktur gedung tidak beraturan
s	jarak antar sengkang (mm)
S_b	Modulus penampang dari garis berat ke tepi bawah
S_t	Modulus penampang dari garis berat ke tepi atas
s_x	spasi longitudinal tulangan transversal dalam rentang panjang l_o (mm)
s_{max}	Spasi maksimum tulangan geser (mm)
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_c	Kuat geser nominal yang dipikul oleh beton
V_e	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 (kg)
V_n	Kuat geser nominal, N
$V_{s,max}$	Gaya geser maksimum, N
V_u	Gaya geser terfaktor pada penampang, N
w_b	Beban imbang per unit panjang
W_i	Berat lantai tingkat ke- i
W_t	Massa gedung dikalikan gravitasi (kg)
Δs	batasan drift sesuai kinerja batas layan
Δm	batasan drift sesuai kinerja batas ultimit
ρ	Rasio tulangan tarik non-prategang
ρ'	Rasio tulangan tekan non-prategang
$\emptyset$	Faktor reduksi lentur

ζ (zeta)	Koefisien pengali dari jumlah tingkat struktur gedung yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung bergantung pada wilayah gempa
Σ (sigma)	Tanda penjumlahan
f_y	Tegangan leleh minimum yang disyaratkan, Mpa. Seperti yang digunakan dalam spesifikasi ini, "tegangan leleh" menunjukkan baik titik leleh minimum yang disyaratkan (untuk baja yang mempunyai titik leleh) atau kekuatan leleh yang disyaratkan (untuk baja yang tidak mempunyai titik leleh.
f_u	Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan, Mpa.
DL	beban mati nominal, Kg
L	beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin,hujan,dan lain-lain.
E_x / E_y	beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.
R_n	kuat nominal.
ϕR_n	kuat rencana.
L	Panjang komponen struktur, (mm)b
b	Lebar elemen penampang, mm
t_w	Tebal badan baja, mm
t_f	Tebal sayap baja, mm
M_n	Kuat lentur nominal
M_p	Momen lentur plastis
Z_x	Modulus penampang plastis di sumbu x, (mm ³)
M_u	Momen lentur terfaktor
ΦM_n	Kuat lentur rencana / momen desain
V_n	Kuat geser nominal
h	untuk penampang tersusun yang dilas, jarak bersih antara sayap (mm)
f_b	Tegangan normal/ lentur, MPa
L	panjang komponen struktur lentur di antara titik-titik dengan momen nol (mm).
d	tinggi komponen struktur (mm).

b	lebar komponen struktur (mm)
f_v	tegangan geser, MPa
d	Diameter baut
V_d	kuat geser rencana baut, N
f_u^b	Tegangan tarik putus baut, MPa
Φ_f	Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
r_i	0.5 untuk baut tanpa ulir dan 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
A_b	Luas penampang bruto, mm ²
R_d	Kuat rencana, N
D_b	Diameter baut nominal pada daerah tak berulir, mm
t_p	Tebal pelat, mm
f_u	Tegangan tarik putus pelat, MPa
T_d	Kuat tarik rencana, N
Z_u	Tahanan perlu sambungan
n	jumlah alat pengencang dengan spasi yang seragam pada baris ke i
γ	modulus beban atau modulus gelincir untuk satu alat pengencang
σ_a	Tegangan pada tepi serat atas beton prategang
σ_a	Tegangan pada tepi serat bawah beton prategang
ε_s	Regangan tulangan tarik
η	Rasio gaya prategang efektif dengan gaya prategang awal
ρ_p	Rasio penguat prategang
ρ	Rasio penguat tegangan nonprategang
ρ'	Rasio penguat tekan nonprategang
ω_t	Rasio tulangan tarik
ω	Rasio tulangan tekan

DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Surat Keterangan Tugas Akhir.....	246
L.2	Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir.....	247
L.3	Denah Bangunan & Denah Struktur.....	248
L.4	Gambar Penampang Material.....	253
L.5	Gambar Detail Penulangan	255
L.6	Tabel Baja IWF dan Profil <i>Pipe</i>	258
L.7	Spesifikasi <i>Stressing Anchorage VSL Type E</i>	261
L.8	Perhitungan Luas dan Momen Inersia Baja Profil Khusus...	263
L.9	Verifikasi <i>Software</i>	269
L.10	Lendutan pada Balok Baja Profil Khusus.....	274