

# DESAIN GEDUNG BAJA DENGAN PERENCANAAN BERBASIS PERPINDAHAN

MARLEN TUA SIMANJUNTAK  
NRP : 0721015

Pembimbing : YOSAFAT AJI PRANATA, ST., MT.

## ABSTRAK

Indonesia merupakan daerah yang rawan gempa karena Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif, ada tiga lempeng tektonik besar dunia dan sembilan lempeng tektonik kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, dalam merencanakan suatu bangunan sangat penting untuk memperhitungkan beban gempa dan material struktur yang akan digunakan, dalam hal ini digunakan material baja.

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah melakukan analisis struktur gedung baja tahan gempa dengan metode perencanaan berbasis perpindahan, mendapatkan kurva kapasitas struktur dari metode *pushover*, kemudian digunakan evaluasi struktur pada kondisi kinerja yang ditargetkan. Ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini adalah Bangunan yang ditinjau adalah bangunan baja. Bangunan terletak di Bandung wilayah gempa 4, lokasi tanah keras. Peraturan gempa yang digunakan adalah SNI 1726-2002. Peraturan baja yang digunakan adalah SNI 1729-2002. Metode perpindahan yang digunakan menggunakan acuan FEMA 440. Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis struktur adalah *ETABS Nonlinier* versi 9.7.1. Rangka atap menggunakan struktur rangka batang baja. Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis rangka atap adalah *SAP2000 V.14*. Perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis sambungan kolom-base plate adalah *RISA Base Plate*.

Target kinerja struktur yang ditetapkan yaitu  $V_{fema\ 440} = 377300$  kg, dan peralihannya  $\delta = 120$  mm. Level kinerja dari struktur pada kategori *immediate occupancy*. Nilai dari daktilitas struktur gedung ( $\mu$ ) 2,73. nilai dari reduksi aktual (R) 4,905. Sambungan balok-kolom yang ditinjau pada struktur gedung SNI 1726-2002 memerlukan peningkatan 83,33% baut pada sayap, dan 50% baut pada badan kolom yang menghubungkan ke sayap balok. Sambungan kolom perletakan yang ditinjau pada struktur gedung SNI 1726-2002 memerlukan peningkatan yaitu 84,1% untuk tebal las, 40,44 untuk diameter ankur, 70% untuk tebal pelat dasar, 40% untuk Panjang dan lebar pelat dasar, dan 52,94% untuk Panjang dan lebar alas pelat dasar. Agar sambungan dapat mencapai target kinerja struktur FEMA 440 yang berada pada level kinerja kategori *immediate occupancy*.

**Kata kunci:** Struktur gedung baja, Perencanaan berbasis perpindahan, FEMA 440

# STEEL BUILDING PLANNING WITH DISPLACEMENT BASED DESIGN

MARLEN TUA SIMANJUNTAK  
NRP : 0721015

guided by : YOSAFAT AJI PRANATA, ST., MT.

## ABSTRACT

Indonesia is an earthquake-prone areas because of Indonesia occupies a very active tectonic zone, there are three major tectonic plates of the world and nine other small tectonic plates meet each other in the territory of Indonesia. Therefore, in planning a building is very important to take account earthquake loads and structural materials to be used, in this case the use of steel materials.

The purpose of this thesis is to perform analysis of earthquake-resistant structural steel building with the displacement method of structural capacity curves Getting pushover methods, then used the evaluation of the structure on the performance of the targeted conditions. The scope of this thesis research is the building under review is a building located in Bandung region baja.Bangunan quake 4, quake keras.Peraturan location of the land used is SNI 1726-2002.Peraturan steel used is SNI 1729-2002.Metode displacement deployed using FEMA 440.Perangkat reference software used for analyzing the structure is ETABS Nonlinear 9.7.1.Rangka version using truss roof bajaPerangkat software used to analyze the framework of the roof is V.14Perangkat SAP2000 software used to analyze the column-base plate connections Risa is the Base Plate.

Performance targets specified structure is  $V_{fema\ 440} = 377300$  kg, and the transition  $\delta = 120$  mm. Performance level of the structure on the category of immediate occupancy. The value of the ductility of the structure of the building ( $\mu$ ) 2,73. value of the actual reduction (R) 4,905. Beam-column connections that were reviewed on a building structure of SNI 1726-2002 requires a 83,33% increase on the wing bolts, and 50% bolts on the body that connect the column to column placement balok.Sambungan wing which is reviewed on a building structure needs increased SNI 1726-2002 namely 84,1% for thick welding, to a diameter of 40,44 Ankur, 70% for the thick base plate, 40% for length and width of the base plate, and 52,94% for the length and width of the pedestal base plate. In order to achieve performance targets connection structure of FEMA 440 is at the level of immediate occupancy performance category.

**keywords:** Steel building, planning displacement based design, FEMA 440.

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
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.....	4
2.1 Baja.....	4
2.1.1 Perilaku Tegangan Regangan Baja.....	6
2.1.2 Sifat Mekanis Baja .....	8
2.1.3 Tipe Profil Struktur Baja .....	8
2.1.4 Profil Balok Baja IWF.....	9
2.1.5 Lendutan ( <i>Deflection</i> ) .....	16
2.2 Bangunan Baja .....	17
2.2.1 Bangunan Baja Bertingkat .....	18
2.2.2 Desain Struktur Baja Tahan Gempa.....	20
2.2.3 Persyaratan Material Untuk Struktur Baja Tahan Gempa.....	20
2.3 Perencanaan Sambungan.....	21
2.3.1 Perencanaan Sambungan Antara Balok-Kolom .....	23
2.3.2 Perencanaan Sambungan Kolom Perletakan.....	25
2.4 Beban.....	27
2.4.1 Beban Gravitasi .....	27
2.4.2 Beban Gempa .....	30
2.5 Peraturan Gempa FEMA 440 ( <i>Federal Emergency Management Agency 440</i> ).....	30
2.6 Peraturan Gempa SNI 03 – 1726 – 2002.....	33
2.6.1 Gempa Rencana Dan Kategori Gedung .....	33
2.6.2 Daktilitas Struktur Bangunan .....	35
2.6.3 Wilayah Gempa Indonesia .....	42
2.6.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental .....	44

2.6.5 Beban Gempa Nominal Statik Ekvivalen.....	45
2.6.6 Beban Dan Kombinasi Pembebanan .....	46
2.6.7 Waktu Getar Alami Fundamental .....	48
2.6.8 Kinerja Struktur Gedung .....	48
2.7 Metode Perencanaan Berbasis Perpindahan.....	59
2.8 Metode Capacity Spectrum (ATC 40).....	53
2.9 Perangkat Lunak RISA Base Plates .....	56
2.10 Perangkat Lunak SAP 2000 .....	56
2.10 Perangkat Lunak ETABS .....	57
<b>BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
3.1 Data Struktur Dan Diagram Alir Studi.....	58
3.1.1 Data Struktur .....	65
3.1.2 Data Material.....	65
3.1.3 Diagram Alir Studi .....	66
3.2 Pemodelan Struktur .....	67
3.3 Analisis Struktur Gedung .....	79
3.4 Analisis Struktur Gedung Berdasarkan FEMA 440 .....	79
3.4.1 Syarat Analisis.....	86
3.4.2 Perencanaan Sambungan.....	99
3.5 Analisis Struktur Gedung Berdasarkan SNI 02 – 1726 – 2002.....	108
3.5.1 Syarat Analisis.....	114
3.5.2 Perencanaan Sambungan.....	127
3.6 Analisis Perencanaan Berbasis Perpindahan.....	136
3.6.1 Desain Elemen Struktur Akibat Sendi Plastis .....	145
3.8 Pembahasan.....	149
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>154</b>
4.1 Kesimpulan.....	154
4.2 Saran.....	155
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>156</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>157</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Regangan Tegangan Baja.....	7
Gambar 2.2 Profil – Profil Standar .....	9
Gambar 2.3 Elemen Tarik Dan Tekan Kondisi Elastis.....	10
Gambar 2.4 Diagram Distribusi Tegangan Lentur.....	10
Gambar 2.5 Penampang Balok Profil IWF .....	11
Gambar 2.6 Tata Letak Baut .....	22
Gambar 2.7 Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun.....	42
Gambar 2.8 Respons Spektrum Gempa Rencana .....	43
Gambar 2.9 Ilustrasi Penempatan Pusat Massa.....	47
Gambar 2.10 Ilustrasi Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja .....	50
Gambar 2.11 Contoh Kurva Kapasitas [ATC, 1996]......	51
Gambar 2.12 Contoh Gambar Titik kinerja Menurut Metode ATC-40 Yang Dihasilkan Program ETABS .....	54
Gambar 2.13 Parameter Data Respon Spectrum Rencana.....	55
Gambar 3.1 Model Struktur 3D .....	58
Gambar 3.2 Denah Lantai 3 .....	59
Gambar 3.3 Denah Lantai 2 .....	60
Gambar 3.4 Denah Lantai 1 .....	61
Gambar 3.5 Tampak Depan Struktur .....	62
Gambar 3.6 Tampak Belakang Struktur.....	63
Gambar 3.7 Tampak Samping Struktur .....	64
Gambar 3.8 Diagram Alir .....	66
Gambar 3.9 Tampilan Awal Program .....	67
Gambar 3.10 Awal Pemodelan .....	67
Gambar 3.11 Tampilan Untuk Membuat Jumlah <i>Grid</i> ,Serta Tinggi Bangunan .	68
Gambar 3.12 Pengaturan Untuk <i>Grid</i> Arah X Dan Y .....	68
Gambar 3.13 Pengaturan Untuk <i>Grid</i> Untuk Arah Z.....	69
Gambar 3.14 <i>Grid</i> Hasil Pengaturan.....	69
Gambar 3.15 Pemilihan Jenis Material .....	70
Gambar 3.16 Input Data Material Baja .....	70
Gambar 3.17 Input Data Material Beton.....	71
Gambar 3.18 Definisi Balok, Kolom .....	71
Gambar 3.19 Input Data Balok, Kolom .....	72
Gambar 3.20 Definisi Pelat.....	72
Gambar 3.21 Input Data Pelat.....	73
Gambar 3.22 Membuat Beban .....	73
Gambar 3.23 Kombinasi Pembebanan.....	74
Gambar 3.24 Menggambar Balok .....	75
Gambar 3.25 Menggambar Kolom .....	75
Gambar 3.26 Menggambar Pelat.....	75
Gambar 3.27 <i>Restraint</i> Tumpuan.....	76
Gambar 3.28 Memasukkan Beban pada Pelat.....	76
Gambar 3.29 Memasukkan Beban Pada Balok.....	77

Gambar 3.30 Memasukkan Beban Kolom .....	77
Gambar 3.31 <i>Diaphragm</i> Pada Tiap Lantai .....	78
Gambar 3.32 <i>Run Analysis</i> .....	78
Gambar 3.33 Waktu Getar Struktur Gedung.....	79
Gambar 3.34 Massa tiap lantai Gedung .....	80
Gambar 3.35 <i>Input</i> Beban ( Fx ) .....	85
Gambar 3.36 <i>Input</i> Beban ( Fy ) .....	85
Gambar 3.37 <i>PM Rasio</i> Dari Balok Dan Kolom Struktur .....	86
Gambar 3.38 <i>PM Rasio</i> Dari Balok B113 Lt 3 .....	87
Gambar 3.39 <i>Table Diaphragm CM Displacement</i> .....	92
Gambar 3.40 Titik Peralihan Lantai Yang Ditinjau .....	94
Gambar 3.41 Peralihan Pada Titik 3 .....	94
Gambar 3.42 Titik Simpangan Antar Tingkat Yang Ditinjau.....	95
Gambar 3.43 <i>Table Point drift</i> titik 3.....	96
Gambar 3.44 Lendutan Pada Balok B2.....	98
Gambar 3.45 Daerah Sambungan Balok – Kolom .....	99
Gambar 3.46 Deetailing Sambungan Balok – Kolom.....	101
Gambar 3.47 Daerah Sambungan Kolom – Perletakan .....	102
Gambar 3.48 Hasil Output Dari RISA Base Plate .....	104
Gambar 3.49 Hasil Output Dimensi Dari RISA Base Plate.....	105
Gambar 3.50 Deetailing Sambungan Kolom – Perletakan .....	106
Gambar 3.51 Tampak Atas Sambungan Kolom – Perletakan.....	107
Gambar 3.52 Massa Tiap Lantai Gedung .....	109
Gambar 3.53 Peta Respon Spectrum Gempa Rencana .....	110
Gambar 3.54 Waktu Getar Struktur Gedung.....	110
Gambar 3.55 <i>Input</i> Beban ( Fx ) .....	113
Gambar 3.56 <i>Input</i> Beban ( Fy ) .....	113
Gambar 3.57 <i>PM Rasio</i> Dari Balok Dan Kolom Struktur Gedung.....	114
Gambar 3.58 <i>PM Rasio</i> Dari Balok B113 Lt 3 .....	115
Gambar 3.59 <i>Table Diaphragm CM Displacement</i> .....	120
Gambar 3.60 Titik Peralihan Lantai Yang Ditinjau .....	122
Gambar 3.61 <i>Table Point Displacement</i> Titik 3 .....	122
Gambar 3.62 Titik Simpangan Antar Tingkat Yang Ditinjau.....	123
Gambar 3.63 <i>Table Point drift</i> titik 3.....	124
Gambar 3.64 Lendutan Pada Balok B2 Lt3 .....	126
Gambar 3.65 Daerah Sambungan Balok – Kolom.....	127
Gambar 3.66 Deetailing Sambungan Balok – Kolom.....	129
Gambar 3.67 Daerah Sambungan Kolom – Perletakan .....	130
Gambar 3.68 Hasil Output Dari RISA Base Plate .....	132
Gambar 3.69 Hasil Output Dimensi Dari RISA Base Plate.....	133
Gambar 3.70 Deetailing Sambungan Kolom – perletakan.....	134
Gambar 3.71 Tampak Atas Sambungan Kolom – Perletakan.....	135
Gambar 3.72 <i>Add New Case</i> .....	136
Gambar 3.73 <i>PUSH 1</i> Pemodelan Pola Beban Gravitasi.....	136
Gambar 3.74 <i>Push 2</i> Pemodelan Pola Beban Lateral .....	137
Gambar 3.75 <i>Default – M3</i> ( untuk balok ).....	137
Gambar 3.76 <i>Default – PMM</i> ( untuk kolom ).....	138
Gambar 3.77 <i>Pushover Curve</i> .....	138

Gambar 3.78 <i>Pushover Curve</i> Data .....	139
Gambar 3.79 Kurva Kapasitas Struktur .....	141
Gambar 3.80 Kurva ATC - 40.....	142
Gambar 3.81 Hasil Ploting Pada Kurva Kapasitas Struktur .....	143
Gambar 3.82 Elemen Struktur Yang Pertama Kali Mengalami Sendi Plastis	145
Gambar 3.83 Elemen Struktur Yang Pertama Kali Mengalami Keruntuhan ..	145
Gambar 3.84 Daerah Sambungan Yang Mengalami Sendi Plastis .....	146
Gambar 3.85 Deetailing Sambungan Balok – Kolom.....	148

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat mekanis baja Struktural .....	8
Tabel 2.2 Bentang untuk pengekang lateral .....	13
Tabel 2.3 Batas Lendutan Maksimum .....	17
Tabel 2.4 Ukuran Minimum Las Sudut.....	25
Tabel 2.5 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	28
Tabel 2.6 Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	29
Tabel 2.7 Faktor Massa Efektif $C_m$ .....	32
Tabel 2.8 Faktor Modifikasi $C_0$ .....	33
Tabel 2.9 Faktor Keutamaan I Untuk Berbagai Kategori Gedung Dan Bangunan....	34
Tabel 2.10 Parameter Daktilitas Struktur Gedung .....	36
Tabel 2.11 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum Faktor Tahanan Lebih Struktur Dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem Dan Subsistem Struktur Gedung .....	37
Tabel 2.12 Koefisien $\zeta$ Yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung .....	44
Tabel 2.13 Kombinasi Pembebanan.....	46
Tabel 2.14 Klasifikasi Tingkat Keamanan.....	51
Tabel 2.15 Percepatan Puncak Batuan Dasar Dan Percepatan Puncak Muka Tanah Untuk Masing – Masing Wilayah Gempa Indonesia.....	55
Tabel 2.16 Spectrum Respons Gempa Rencana .....	56
Tabel 3.1 Berat Struktur.....	80
Tabel 3.2 Faktor Massa Efektif $C_m$ .....	81
Tabel 3.3 Spektrum Respons Gempa Rencana .....	82
Tabel 3.4 Koefisien $B_s$ dan $B_1$ .....	82
Tabel 3.5 Koefisien $C_0$ .....	83
Tabel 3.6 Nilai Gaya Geser Dasar Horizontal ( $F_x$ ).....	84
Tabel 3.7 Nilai Gaya Geser Dasar Horizontal ( $F_y$ ).....	84
Tabel 3.8 T-rayleigh arah X .....	93
Tabel 3.9 T-rayleigh arah Y .....	93
Tabel 3.10 Peralihan Pada titik 3 .....	95
Tabel 3.11 Simpangan Antar Tingkat Kinerja Batas Layan Pada Titik 3.....	96
Tabel 3.12 Simpangan Antar Tingkat Kinerja Batas Ultimit Pada Titik 3 .....	97
Tabel 3.13 Berat Struktur.....	109
Tabel 3.14 Nilai Gaya Geser Dasar ( $V_x$ ).....	111
Tabel 3.15 Nilai Gaya Geser Dasar ( $V_y$ ).....	111
Tabel 3.16 Nilai Gaya Geser Nominal Arah X ( $F_x$ ) .....	112
Tabel 3.17 Nilai Gaya Geser Nominal Arah Y ( $F_y$ ) .....	112
Tabel 3.18 T-Rayleigh Arah X.....	121
Tabel 3.19 T-rayleigh arah Y .....	121
Tabel 3.20 Peralihan Pada titik 3 .....	123
Tabel 3.21 Simpangan Antar Tingkat Kinerja Batas layan Pada Titik 3 .....	124
Tabel 3.22 Simpangan Antar Tingkat Kinerja Batas Ultimit Pada Titik 3 .....	125
Tabel 3.23 Data Dari <i>Displacement Dan Shear Base Force</i> .....	141



Tabel 3.24 Persen Peningkatan Gaya Geser Dasar Pada Struktur Gedung SNI 03-1726-2002 .....	150
Tabel 3.25 Persen Peningkatan Baut Sambungan Balok-kolom Pada Struktur Gedung SNI 03-1726-2002 .....	151
Tabel 3.26 Persen Peningkatan Sambungan Kolom - Perletakan Pada Struktur gedung SNI 03- 1726 -2002 .....	152
Tabel 3.27 Persen Beda Sambungan Balok-Kolom Akibat Beban Kombinasi dan Akibat Sendi Plastis .....	153

## DAFTAR NOTASI

$A_g$	Luas penampang kotor
$b_f$	lebar pelat sayap
$d$	Jarak antar pelat pengaku lateral penampang
$C_v, C_a$	koefisien gempa dasar
$d_b$	Diameter baut
$E$	Modulus elastisitas
$F_i$	Gaya horizontal pada lantai ke – i
$f_{cr}$	Tegangan kritis penampang
$f_r$	Tegangan sisa
$f_u$	Tegangan putus
$f_y$	Tegangan leleh
$f_u^b$	Tegangan tarik baut
$G$	Modulus geser
$h_i$	Ketinggian sampai tingkat 1 diukur dari tingkat penjepitan dasar
$I$	Faktor keutamaan struktur
$I_x$	Momen inersia terhadap sumbu-x
$I_y$	Momen inersia terhadap sumbu-y
$J$	Konstanta puntir torsi $K_c$ Faktor panjang tekuk
$L$	Panjang bentang
$L_b$	jarak antara penopang lateral
$L_p$	Panjang penampang primer
$m$	Jumlah bidang geser
$M_{max}$	momen maksimum dari bentang yang ditinjau
$M_n$	Kuat nominal momen lentur
$M_{ntu}$	Besarnya momen kolom akibat struktur tidak bergoyang

$M_p$	Momen plastis
$M_r$	Momen akibat tegangan sisa
$M_u$	Beban momen lentur terfaktor
$M_{ux}$	Momen lentur terfaktor terhadap sumbu-x
$M_{uy}$	Momen lentur terfaktor terhadap sumbu-y
$M_{nx}$	Kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu-x
$M_{ny}$	Kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu-y
$M_y$	Momen elastis
$n$	Jumlah baut
$R_d$	Kuat rencana
$R_n$	Kuat nominal
$R_u$	Beban terfaktor atau kuat perlu
$S_x$	Modulus penampang pada sumbu – x
$S_y$	Modulus penampang pada sumbu – y
$T_d$	Kuat tarik rencana
$t_f$	Tebal sayap
$t_p$	Tebal pelat
$t_w$	Tebal badan dari profil
$V_d$	Kuat geser rencana baut
$V_u$	Gaya geser terfaktor
$V$	Gaya geser dasar rencana
$R$	Faktor modifikasi respon
$T$	Waktu getar alami struktur
$W_i$	Berat lantai ke – i
$W_t$	Berat total struktur
$\alpha$	Koefisien pemuaian
$Z$	Modulus plastis
$\mu$	Rasio poisson
$\lambda_c$	Parameter kelangsingan
$\lambda_p$	Batas perbandingan lebar terhadap tebal untuk penampang kompak
$\lambda_r$	Batas maksimum untuk penampang tak kompak

$\phi$	Faktor reduksi
$\phi_b$	Faktor reduksi kuat lentur
$\phi R_n$	Kuat rencana

## DAFTAR LAMPIRAN

L.1 Surat Keterangan Tugas Akhir .....	157
L.2 Surat Keterangan Selesai Tugas Akhir .....	158
L.3 <i>Preliminary</i> Desain.....	159
L.4 Denah Struktur.....	168
L.5 Tabel Profil Baja Iwf Dan Profil Siku .....	174
L.6 Langkah – Langkah Perangkat Lunak Risa Base Plate .....	179