

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRACT</i>	xx
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II	5
2.1. Analisis Pengaruh Gaya Aksial dan Geser Terhadap Kapasitas Momen Plastik Pada Portal Baja Bertingkat Banyak	5
2.2. Analisis Pengaruh Penggunaan Kolom Baja dan Kolom Komposit Terhadap Perilaku Struktur Portal Baja Dengan Variasi Tingkat	5
2.3. Desain Portal Tribun Stadion Sleman Memakai Baja Dengan Analisis Struktur Portal Dua Dimensi (2D) dan Tiga Dimensi (3D)	6
2.4. Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	6
BAB III	9
3.1 Material Baja	9

3.2	<i>Allowable Strength Design (ASD)</i> atau Desain Kekuatan Izin (DKI)	10
3.3	Dasar-Dasar Perencanaan	11
3.4	Kapasitas Elemen Tarik	11
3.4.1	Kondisi Leleh dari Luas Penampang Kotor	12
3.4.2	Kondisi Fraktur dari Luas Penampang Efektif pada Sambungan	12
3.5	Kapasitas Elemen Lentur	13
3.5.1	Komponen Struktur Simetri Menahan Lentur dan Gaya Aksial	16
3.6	Kapasitas Geser	17
3.6.1	Kuat Geser	19
3.6.2	Faktor Tekuk Pelat Badan	19
3.7	Kapasitas Sambungan	20
3.7.1	Ketentuan Umum	20
3.7.2	Kekuatan Geser dari Baut	21
3.7.3	Gaya Momen Pada Sambungan	22
3.7.4	Kekuatan Tumpu Baut	26
3.7.5	Kekuatan Geser Blok	27
3.7.6	Kekuatan Tarik dari Baut	28
3.7.7	Sambungan <i>Base-Plate</i>	28
BAB IV		35
4.1	Objek Penelitian	35
4.2	Data Penelitian	35
4.3	Tahapan Penelitian	38
4.4	Bagan Alir Penelitian ( <i>Flow Chart</i> )	39
BAB V		42
5.1	Data Penelitian	42
5.1.1	Denah Struktur	42
5.1.2	Mutu Material	42
5.1.3	Dimensi Elemen	42
5.1.4	Data Properti Profil	47
5.2	Analisis Struktur Portal <i>Loading Frame 3D</i>	57
5.3	Analisis Kapasitas Elemen dengan Desain Kekuatan Izin (DKI)	69

5.3.1	Kapasitas Elemen Tarik	69
5.3.2	Kapasitas Elemen Lentur	74
5.3.3	Kapasitas Elemen Geser	88
5.3.4	Kapasitas Elemen Sambungan	99
5.4	Analisis Kapasitas Beban Kerja Struktur <i>Loading Frame 3D</i>	115
5.4.1	Cek Kapasitas Elemen Tarik	115
5.4.2	Cek Kapasitas Elemen Lentur	116
5.4.3	Cek Interaksi Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial	118
5.4.4	Cek Kapasitas Elemen Geser	119
5.4.5	Cek Kapasitas Elemen Sambungan	121
5.5	<i>Trial</i> Kapasitas Beban Kerja Struktur <i>Loading Frame 3D</i>	123
5.5.1	Beban <i>Hydraulic Jack</i> Sebesar 95 Ton	124
5.5.2	Beban <i>Hydraulic Jack</i> Sebesar 90 Ton	125
BAB VI		126
6.1	Kesimpulan	126
6.2	Saran	127
DAFTAR PUSTAKA		129
LAMPIRAN		130



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Bentuk Profil IWF Untuk Mencari Modulus Penampang Plastis Sumbu X	14
Gambar 3.2 Bentuk Profil IWF Untuk Mencari Modulus Penampang Plastis Sumbu Y	16
Gambar 3.3 Contoh Sambungan Geser Eksentris	23
Gambar 3.4 Kombinasi Momen dan Geser	23
Gambar 3.5 Sambungan dengan Beban Momen	24
Gambar 3.6 Gaya $R$ Diuraikan dalam Arah $x$ dan $y$	25
Gambar 3.7 Bentuk Geser Blok Untuk Tegangan Tarik Merata ( <i>Uniform</i> )	27
Gambar 3.8 Bentuk Geser Blok Untuk Tegangan Tarik Tidak Merata ( <i>Gradien</i> )	28
Gambar 3.9 Distribusi Tegangan Persegi Eksentrisitas Kecil	29
Gambar 3.10 Distribusi Tegangan Persegi Eksentrisitas Besar	30
Gambar 3.11 Luas Kerusakan Beton Terproyeksi, $A_{nc}$	32
Gambar 4.1 Denah Struktur Portal Baja <i>Loading Frame</i>	36
Gambar 4.2 Tampak Portal Bagian 1	37
Gambar 4.3 Tampak Portal Bagian 2	38
Gambar 4.4 <i>Flow Chart</i> Tahapan Penelitian	40
Gambar 4.5 Lanjutan <i>Flow Chart</i> Tahapan Penelitian	41
Gambar 5.1 Penampang Profil Kolom	42
Gambar 5.2 Penampang Profil Balok Induk	43
Gambar 5.3 Penampang Profil Balok Anak	44
Gambar 5.4 (a) Tampak Depan dan (b) Tampak Samping Dari Elemen Yang Berada di Sambungan Balok Induk – Balok Anak	45
Gambar 5.5 Elemen Yang Berada di Sambungan Balok Induk – Balok Anak Setelah Menjadi Beban Titik	47
Gambar 5.6 Penampang Profil Kolom	47
Gambar 5.7 Penampang Profil Balok Induk	50
Gambar 5.8 Penampang Profil Balok Anak	54

Gambar 5.9 <i>Input</i> Data Material Mutu Profil Baja	58
Gambar 5.10 <i>Input</i> Dimensi Penampang Profil IWF Kolom	59
Gambar 5.11 <i>Input</i> Dimensi Penampang Profil <i>Double Chanel</i> Balok Induk	59
Gambar 5.12 <i>Input</i> Dimensi Penampang Profil IWF Balok Anak	60
Gambar 5.13 Model Struktur <i>Loading Frame</i> 3D	61
Gambar 5.14 <i>Input</i> Beban Elemen Yang Berada di Sambungan Balok Induk – Balok Anak	61
Gambar 5.15 <i>Input</i> Beban <i>Hydraulic Jack</i> Sebesar 100 T	62
Gambar 5.16 Model Struktur <i>Loading Frame</i> 3D Setelah Diberi Beban	62
Gambar 5.17 Pilihan Analisis Struktur	63
Gambar 5.18 Bentuk Deformasi dan Sumbu Lokal Elemen <i>Loading Frame</i> 3D	63
Gambar 5.19 Gaya Momen Pada Sumbu Arah X (M3)	64
Gambar 5.20 Gaya Momen Pada Sumbu Arah Y (M2)	65
Gambar 5.21 Gaya Geser Pada Sumbu Arah X (V2)	65
Gambar 5.22 Gaya Geser Pada Sumbu Arah Y (V3)	66
Gambar 5.23 Gaya Aksial Pada <i>Loading Frame</i> 3D (P)	66
Gambar 5.24 Penampang Profil Kolom (Sumbu X) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	74
Gambar 5.25 Penampang Profil Kolom (Sumbu X) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	75
Gambar 5.26 Penampang Profil Balok Induk (Sumbu X) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	77
Gambar 5.27 Penampang Profil Balok Induk (Sumbu X) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	78
Gambar 5.28 Penampang Profil Balok Anak Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	80
Gambar 5.29 Penampang Profil Balok Anak Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	81
Gambar 5.30 Penampang Profil Kolom (Sumbu Y) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	84

Gambar 5.31 Penampang Profil Kolom (Sumbu Y) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	84
Gambar 5.32 Penampang Profil Balok Induk (Sumbu Y) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	86
Gambar 5.33 Penampang Profil Balok Induk (Sumbu Y) Pada Daerah Yang Mengalami Tarik	87
Gambar 5.34 Penampang Profil Kolom Pada Daerah Yang Mengalami Geser (Sumbu X)	89
Gambar 5.35 Penampang Profil Kolom Pada Daerah Yang Mengalami Geser (Sumbu Y)	90
Gambar 5.36 Penampang Profil Kolom Pada Daerah Yang Mengalami Tekuk Geser (Sumbu X)	93
Gambar 5.37 Penampang Profil Kolom Pada Daerah Yang Mengalami Tekuk Geser (Sumbu Y)	94
Gambar 5.38 Letak Baut Pada Sambungan Kolom – Balok Induk Untuk Mencari Titik Berat Gabungan	100
Gambar 5.39 Jarak Tiap Baut Ke Titik Gabungan (d)	101
Gambar 5.40 Gaya Geser Yang Terjadi Akibat Momen Pada Sambungan Kolom – Balok Induk	103
Gambar 5.41 Bentuk Geser Blok Pada Sambungan Kolom - Balok Induk	105
Gambar 5.42 Gaya – Gaya Dalam Yang Terjadi Akibat Gaya Luar Pada Sambungan Pada Balok Induk – Balok Anak	107
Gambar 5.43 Bentuk Sambungan <i>Base Plate</i> Dan Gaya – Gaya Dalam Yang Terjadi	108
Gambar 5.44 Daerah Tekan ( $A_C$ ) dan Daerah Tarik ( $A_T$ ) Pada Penampang Sambungan <i>Base Plate</i>	109
Gambar 5.45 Penampang Sambungan <i>Base Plate</i> Yang Mengalami Tekan	110
Gambar 5.46 Luas Kerusakan Beton Terproyeksi ( $A_{nc}$ )	112
Gambar 5.47 Bentuk Permukaan Angkur Pada Sambungan <i>Base Plate</i>	113
Gambar 5.48 Letak Balok Anak Pada <i>Loading Frame 3D</i>	124

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Sekarang	7
Tabel 3.1 Sifat Mekanis Struktur Baja	9
Tabel 3.2 Faktor Tahanan $\phi$ Berdasarkan Ketentuan ASD	11
Tabel 3.3 Dimensi Lubang Nominal, mm	20
Tabel 3.4 Jarak Tepi Minum dari Pusat Lubang Standar ke Tepi dari Bagian yang Disambung	21
Tabel 3.5 Kekuatan Nominal Baut, ksi (MPa)	22
Tabel 5.1 Data Penampang Profil IWF Kolom	43
Tabel 5.2 Data Penampang Profil <i>Double Chanel</i> Balok Induk	43
Tabel 5.3 Data Penampang Profil IWF Balok Anak	44
Tabel 5.4 Data Penampang Profil Elemen Yang Berada di Sambungan Balok Induk – Balok Anak	45
Tabel 5.5 Data Properti Profil IWF Kolom 1	48
Tabel 5.6 Rekapitulasi Data Properti Profil IWF Kolom	50
Tabel 5.7 Data Properti <i>Double Chanel</i> Balok Induk 1	51
Tabel 5.8 Lanjutan Data Properti <i>Double Chanel</i> Balok Induk 1	51
Tabel 5.9 Rekapitulasi Data Properti Profil <i>Double Chanel</i> Balok Induk	53
Tabel 5.10 Data Properti Profil IWF Balok Anak	55
Tabel 5.11 Rekapitulasi Data Properti Profil IWF Balok Anak	57
Tabel 5.12 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Kolom 1 (Beban 100 Ton)	67
Tabel 5.13 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Kolom 2 (Beban 100 Ton)	67
Tabel 5.14 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Kolom 3 (Beban 100 Ton)	67
Tabel 5.15 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Kolom 4 (Beban 100 Ton)	67
Tabel 5.16 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Balok Induk 1 (Beban 100 Ton)	68
Tabel 5.17 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Balok Induk 2 (Beban 100 Ton)	68
Tabel 5.18 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 Dari Balok Anak (Beban 100 Ton)	69

Tabel 5.19 Rekapitulasi Luas Kotor ( $A_g$ ), Luas Bersih ( $A_n$ ), dan Luas Efektif ( $A_e$ ) Penampang Kolom	70
Tabel 5.20 Rekapitulasi Luas Kotor ( $A_g$ ), Luas Bersih ( $A_n$ ), dan Luas Efektif ( $A_e$ ) Penampang Balok Induk	72
Tabel 5.21 Rekapitulasi Kapasitas Elemen Tarik Pada Kondisi Leleh	73
Tabel 5.22 Rekapitulasi Kapasitas Elemen Tarik Pada Kondisi Fraktur	74
Tabel 5.23 Perhitungan Nilai $y_o$	75
Tabel 5.24 Perhitungan Nilai $y_o$	77
Tabel 5.25 Perhitungan Nilai $y_o$	81
Tabel 5.26 Rekapitulasi Kapasitas Elemen Lentur Sumbu Arah X	83
Tabel 5.27 Perhitungan Nilai $y_o$	84
Tabel 5.28 Perhitungan Nilai $y_o$	86
Tabel 5.29 Rekapitulasi Kapasitas Elemen Lentur Sumbu Arah Y	88
Tabel 5.30 Rekapitulasi Kapasitas Geser Kolom Saat Kondisi Pelelehan Geser	92
Tabel 5.31 Rekapitulasi Kapasitas Geser Balok Induk dan Balok Anak Saat Kondisi Pelelehan Geser	93
Tabel 5.32 Rekapitulasi Kapasitas Geser Kolom Saat Kondisi Tekuk Geser	99
Tabel 5.33 Rekapitulasi Kapasitas Geser Balok Induk dan Balok Anak Saat Kondisi Tekuk Geser	99
Tabel 5.34 Perhitungan Titik Berat Gabungan ( $\bar{x}$ , $\bar{y}$ )	100
Tabel 5.35 Perhitungan Jarak Baut ke Titik Gabungan ( $d$ )	102
Tabel 5.36 Rekapitulasi Gaya Total Akibat Momen Pada Sambungan Kolom-Balok Induk	103
Tabel 5.37 Rekapitulasi Kapasitas Total Tumpu Baut	105
Tabel 5.38 Perhitungan Nilai $y_o$ Bagian Yang Tertekan ( $A_c$ )	110
Tabel 5.39 Rekapitulasi Kapasitas Sambungan <i>Base Plate</i>	115
Tabel 5.40 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Elemen Tarik	116
Tabel 5.41 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Elemen Lentur Sumbu Arah X	117



Tabel 5.42 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Elemen Lentur Sumbu Arah Y	118
Tabel 5.43 Rekapitulasi Interaksi Kombinasi Lentur dan Gaya Aksial	119
Tabel 5.44 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Elemen Geser Arah Sumbu Arah X	120
Tabel 5.45 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Elemen Geser Arah Sumbu Arah Y	121
Tabel 5.46 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Geser Elemen Sambungan Kolom – Balok Induk	122
Tabel 5.47 Rekapitulasi Perbandingan Rasio Gaya dan Kapasitas Tumpu Elemen Sambungan Kolom – Balok Induk	122
Tabel 5.48 Pola Keruntuhan Yang Memiliki Rasio Perbandingan Gaya dan Kapasitas Elemen Lebih Dari Nilai 1,0	123
Tabel 5.49 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 dari Balok Anak (Beban 95 Ton)	124
Tabel 5.51 Hasil <i>Output</i> Program SAP2000 dari Balok Anak (Beban 90 Ton)	125
Tabel 6.1 Kapasitas Kolom	126
Tabel 6.2 Kapasitas Balok Induk	126
Tabel 6.3 Kapasitas Balok Anak	127
Tabel 6.4 Kapasitas Elemen Sambungan	127

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Loading Frame 3D Labororium Struktur dan Mekanika Rekayasa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta	131
Lampiran 2 Sambungan Pada Loading Frame 3D Labororium Struktur dan Mekanika Rekayasa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta	133
Lampiran 3 Pengujian Tarik Sampel Baja Untuk Mencari Mutu Baja <i>Loading Frame</i> 3D Labororium Struktur dan Mekanika Rekayasa Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta	136



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

DKI	= Desain Kekuatan Izin
ASD	= <i>Allowable Strength Design</i>
$P_u$	= Kuat aksial akibat beban terfaktor (Nm)
$P_n$	= Kuat aksial izin penampang (kN)
$A_g$	= Luas penampang kotor ( $\text{mm}^2$ )
$A_n$	= Luas penampang netto/bersih ( $\text{mm}^2$ )
$A_e$	= Luas penampang efektif ( $\text{mm}^2$ )
U	= Koefisien reduksi ( <i>shear log factor</i> )
$\bar{x}$	= Eksentrisitas sambungan (mm)
L	= Panjang sambungan dalam arah gaya tarik (mm)
$L_b$	= Panjang maksimum elemen yang tidak dibresing (mm)
$L_p$	= Batas panjang plastis elemen (mm)
$L_r$	= Batas panjang elastis elemen (mm)
E	= Modulus elastisitas baja (MPa)
$f_y$	= Tegangan leleh baja (MPa)
$f_u$	= Tegangan ulmitit/putus baja (MPa)
J	= Konstanta torsi ( $\text{mm}^4$ )
$S_x$	= Modulus penampang elastis yang diambil di sumbu X ( $\text{mm}^3$ )
$S_y$	= Modulus penampang elastis yang diambil di sumbu Y ( $\text{mm}^3$ )
$h_o$	= Jarak antara titik berat sayap (mm)

- $M_u$  = Momen lentur akibat beban terfaktor (kNm)  
 $\phi$  = Faktor reduksi  
 $M_n$  = Kekuatan lentur izin elemen struktur (kNm)  
 $M_p$  = Momen plastis penampang (kNm)  
 $Z_x$  = Modulus penampang plastis pada sumbu X ( $\text{mm}^3$ )  
 $Z_y$  = Modulus penampang plastis pada sumbu Y ( $\text{mm}^3$ )  
 $d$  = Jarak lengan dari titik berat penampang daerah tarik ke titik berat penampang daerah tekan (mm)  
 $A_T$  = Luas penampang dari daerah tarik ( $\text{mm}^2$ )  
 $M_{\text{maks}}$  = Nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibresing (Nmm)  
 $M_A$  = Nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibresing (Nmm)  
 $M_B$  = Nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing (Nmm)  
 $M_C$  = Nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat segmen tanpa dibresing (Nmm)  
 $f_{cr}$  = Tegangan kritis penampang (MPa)  
 $C_v$  = Koefisien geser pelat badan  
 $H$  = Tinggi total profil (mm)  
 $B$  = lebar total profil (mm)  
 $t_w$  = Tebal badan profil (mm)  
 $t_f$  = Tebal sayap profil (mm)  
 $t_p$  = Tebal profil pengaku (mm)  
 $t_{bp}$  = Tebal *base plate* (mm)

- $V_u$  = Kuat geser akibat beban terfaktor (kN)  
 $V_n$  = Kuat geser izin penampang (kN)  
 $k_v$  = koefisien tekuk geser pelat badan  
 $a$  = Jarak bersih antara pengaku transversal (mm)  
 $A_{\text{baut}}$  = Luas penampang baut ( $\text{mm}^2$ )  
 $f_{nt}$  = Tegangan tarik nominal (MPa)  
 $f_{nv}$  = Tegangan geser nominal (MPa)  
 $d_{\text{baut}}$  = Diameter baut nominal (mm)  
 $d_{\text{lubang}}$  = Diameter lubang nominal (mm)  
 $l_c$  = Jarak bersih searah gaya, dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam) (mm)  
 $f'_c$  = Kuat tekan beton (MPa)  
 $T_u$  = Gaya pada angkur (kN)  
 $A_{\text{angkur}}$  = Luas penampang angkur terhadap tarik ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{nc}$  = Luas proyeksi kerusakan beton pada angkur ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{nco}$  = Luas proyeksi maksimum kerusakan angkur ( $\text{mm}^2$ )  
 $h_{ef}$  = Kedalaman efektif (mm)  
 $\psi$  = faktor modifikasi  
 $N_b$  = Kuat dasar jebol (*breakout*) beton angkur terhadap tarik (kN)  
 $A$  = Luas tumpu netto dari angkur kepala segienam, atau angkur stud ( $\text{mm}^2$ )