

DESAIN BALOK SKYBRIDGE PENGHUBUNG DUA GEDUNG DENGAN BAJA PROFIL BOX DAN IWF

FERDIANTO

NRP : 1021031

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

ABSTRAK

Dalam satu lahan yang terdapat dua bangunan tinggi perlu dibangun jembatan penghubung agar untuk berpindah dari satu gedung ke gedung yang lain lebih menghemat tenaga dan waktu. Untuk merancang bangunan tinggi yang memiliki jembatan penghubung perlu diperhatikan beban gempanya agar bangunan dan jembatannya tetap kuat.

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah melakukan analisis terhadap bangunan yang dihubungkan oleh jembatan penghubung, mendesain balok baja profil BOX dan IWF yang digunakan sebagai jembatan penghubung agar tetap kuat terhadap gaya – gaya yang timbul dari beban gravitasi dan beban gempa. Ruang lingkup penelitian Tugas Akhir ini adalah gedung dengan tinggi 76,5 meter yang memiliki *skybridge* yang didesain untuk wilayah gempa 5 dengan jenis tanah sedang, materi balok *skybridge* adalah baja dengan profil yang digunakan adalah profil BOX dan IWF. Peraturan gempa yang digunakan adalah SNI-1726-2002, Peraturan baja yang digunakan adalah SNI 03-1729-2002. Perencanaannya meliputi balok, kolom, dan sambungan balok induk dengan kolom. Pembahasannya meliputi waktu getar alami, peralihan dan *drift*, dan gaya – gaya yang dihasilkan.. Perangkat lunak yang digunakan adalah ETABS.

Kata kunci : SNI 1726-2002, SNI 03-1729-2002 Baja profil BOX, Baja profil IWF, Gempa

DESIGN OF SKYBRIDGE BEAM WITH STEEL BOX PROFILE AND IWF WHICH CONNECT TWO BUILDINGS

FERDIANTO

NRP : 1021031

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

ABSTRACT

In a land that having two high-rise buildings needs to be built the skybridge to link one building to another in order to save more time and energy. To design a high-rise building that has the skybridge, an earthquake load needs to be considered, so that the building and the bridge remain strong.

The purpose of this final project is to create an analysis of the buildings which is connected by the skybridge, designing a steel beam of BOX profiles and IWF profiles which is used as a skybridge to remain strong against the forces arising from gravity and seismic loads. The scope of this final project is a 76.5 meters tall building of which is designed with skybridge to the quake zone 5 with the medium type soil, skybridge's material is the steel beam with current profile of BOX and IWF. Earthquakes regulation used are SNI-1726-2002. Regulatory steel used is SNI 03-1729-2002. The planning includes beams, columns, and beam to column connections. Discussion includes natural vibration time, shift and drift, and forces result. The software used is ETABS.

Keyword : *SNI 1726-2002, SNI 03-1729-2002 Steel BOX profile, Steel IWF profile, Earthquake*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Daftar isi	i
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	vi
Daftar Notasi	viii
Daftar Lampiran	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	1
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4 Sistematika Penulisan	2
1.5 Metodologi Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN LITERATUR.....	4
2.1 Beton Bertulang	4
2.2 Bangunan Gedung Tahan Gempa	5
2.3 Beban	6
2.3.1 Beban Gravitasi.....	6
2.3.1.1 Beban Mati.....	6
2.3.1.2 Beban Hidup	7
2.3.2 Beban Gempa.....	8
2.4 Peraturan Beton SNI 2847-2002	9
2.4.1 Pelindung Beton Untuk Tulangan.....	9
2.4.2 Ketentuan Mengenai Kekuatan dan Kemampuan Layan.....	10
2.4.2.2 Kuat Rencana	10
2.4.3 Tulangan Minimum Pada Komponen Struktur	11
2.4.4 Geser	11
2.4.4.1 Kuat Geser	11

2.4.4.2 Kuat Geser yang Disumbangkan Oleh Tulangan Geser	12
2.4.5 Ketentuan Khusus untuk Perencanaan Gempa	13
2.4.6 Komponen Struktur Lentur pada Sistem Rangka Pemikul	
Momen Khusus (SRPMK)	15
2.4.6.1 Penulangan Balok	16
2.4.6.2 Penulangan Kolom	17
2.5 Peraturan Gempa SNI 03-1726-2002	19
2.5.1 Faktor Keutamaan	19
2.5.2 Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan	20
2.5.3 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons	21
2.5.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	24
2.5.5 Analisis Dinamik Respons Spektrum	27
2.5.6 Kinerja Struktur Gedung	28
2.5.6.1 Kinerja Batas Layan	28
2.5.6.2 Kinerja Batas Ultimit	28
2.6 Baja	29
2.6.1 Tipe profil struktur baja	30
2.6.2 perilaku tegangan regangan baja	30
2.6.2 Batas-batas lendutan	32
2.6.3 Perencanaan balok	33
2.6.4 Kuat geser	35
2.6.5 Metode interaksi geser dan lentur	35
2.7 Sambungan	35
2.7.1 Desain Baut Terhadap Geser	36
2.7.2 Desain Baut Terhadap Tumpu	36
2.7.3 Baut yang Memikul Gaya Tarik	37
2.8 Jembatan	37
2.9 Perangkat Lunak ETABS	38
BAB III STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN	39
3.1 Data Struktur Bangunan	39
3.1.1 Gambar Bangunan	39

3.1.2 Data Struktur	49
3.1.3 Data Material.....	50
3.2 Pemodelan Gedung	50
3.3 Analisis	53
3.3.1 Analisis Dinamik Respons Spektrum	53
3.3.1.1 Arah Utama dan Faktor Skala.....	59
3.3.1.2 Pembatasan Hasil Analisis Dinamik Respons Spektrum.....	64
3.3.2 Desain Komponen Struktur Lentur SRPMK	71
3.3.3 Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK.....	98
3.3.4 Balok <i>Skybridge</i>	106
3.3.4.1 Sambungan Balok Induk – Kolom (Balok <i>Skybridge</i> IWF)	107
3.3.4.2 Sambungan Balok Induk – Kolom (Balok <i>Skybridge</i> BOX).....	115
3.4 Pembahasan Hasil Analisis	125
3.4.1 Waktu getar alami	125
3.4.2 Peralihan dan <i>drift</i>	125
3.4.3 Penulangan balok dan kolom beton bertulang.....	127
3.4.4 Balok <i>skybridge</i>	128
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	132
4.1 Kesimpulan	132
4.2 Saran	133
Daftar Pustaka	134
Lampiran	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan alir penelitian tugas akhir	3
Gambar 2.1 Wilayah gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun [SNI-03-1726-2002]	22
Gambar 2.2 Respons spektrum gempa rencana [SNI-03-1726-2002]	23
Gambar 2.3 Profil – profil standar	30
Gambar 2.4 diagram tegangan regangan baja.....	31
Gambar 2.5 Contoh gambar gedung dengan <i>skybridge</i>	37
Gambar 3.1 Tampak depan bangunan (3D)	39
Gambar 3.2 Tampak belakang bangunan (3D)	40
Gambar 3.3 Tampak samping bangunan	40
Gambar 3.4 Denah bangunan lantai 1 – 15	41
Gambar 3.5 Denah bangunan pada lantai yang terdapat <i>skybridge</i> (mm)	41
Gambar 3.6 Profil balok induk IWF 588.300.12.20	42
Gambar 3.7 Profil balok anak IWF 482.300.11.15.....	42
Gambar 3.8 Profil balok BOX 400.200.14.18	42
Gambar 3.9 3D <i>skybridge</i> (profil IWF)	43
Gambar 3.10 3d Balok <i>skybridge</i> (profil IWF).....	43
Gambar 3.11 Tampak atas balok <i>skybridge</i> (Profil IWF).....	44
Gambar 3.12 Tampak depan (Profil IWF).....	44
Gambar 3.13 Tampak samping (profil IWF)	45
Gambar 3.14 Potongan A-A (profil IWF).....	45
Gambar 3.15 3D <i>skybridge</i> (profil BOX).....	46
Gambar 3.16 3D balok <i>skybridge</i> (profil BOX)	46
Gambar 3.17 Tampak atas balok <i>skybridge</i> (profil (BOX)	47
Gambar 3.18 Tampak depan (profil BOX).....	47
Gambar 3.19 Tampak samping (profil BOX).....	48
Gambar 3.20 Potongan A-A (Profil BOX).....	48
Gambar 3.21 Gedung A.....	51
Gambar 3.22 Gedung B.....	51

Gambar 3.23 Gedung C.....	52
Gambar 3.24 Gedung D.....	52
Gambar 3.25 Mendefinisikan <i>Response Spectrum Function</i>	57
Gambar 3.26 Tampilan <i>Response Spectrum Function</i>	57
Gambar 3.27 Tampilan <i>Response Spectrum Cases</i>	58
Gambar 3.28 <i>Special Seismic Load Effects</i>	59
Gambar 3.29 Input nilai eksentrisitas	61
Gambar 3.30 Tampilan <i>Response Spectrum Cases</i>	62
Gambar 3.31 Tampilan <i>Response Spectrum Cases</i> dengan nilai α untuk Vdx dan Vdy saling mendekati	63
Gambar 3.32 Hasil <i>Response Spectrum Cases</i>	63
Gambar 3.33 Tampilan <i>Point</i> yang ditinjau	64
Gambar 3.34 Balok yang ditinjau (tampak atas)	71
Gambar 3.35 Balok yang ditinjau (tampak samping).....	71
Gambar 3.36 Diagram momen balok dengan nilai momen negatif terbesar	73
Gambar 3.37 Diagram momen balok dengan nilai momen positif terbesar	74
Gambar 3.38 Diagram momen balok dengan nilai momen pada	74
tengah bentang	
Gambar 3.39 Tulangan ETABS.....	89
Gambar 3.40 Diagram gaya geser	90
Gambar 3.41 Hasil ETABS <i>shear reinforcing</i> balok yang ditinjau.....	96
Gambar 3.42 diagram torsi balok yang ditinjau.....	98
Gambar 3.43 Sketsa posisi kolom yang ditinjau	98
Gambar 3.44 Diagram interaksi kolom (hasil perhitungan dengan	100
menggunakan PCA COL)	
Gambar 3.45 hasil ETABS longitudinal <i>reinforcing</i> kolom yang ditinjau.....	104
Gambar 3.46 Hasil ETABS <i>shear reinforcing</i> kolom yang ditinjau	105
Gambar 3.47 Sketsa posisi balok <i>skybridge</i> yang ditinjau	106
Gambar 3.48 Tampak samping gedung dengan balok <i>skybridge</i>	106
Gambar 3.49 Nilai Vu dan Mu pada ETABS (Nmm).....	107
Gambar 3.50 Diagram torsi balok IWF	112
Gambar 3.51 Detail Sambungan Balok Induk - Kolom (a), Potongan (b).....	113

Gambar 3.52 Nilai Vu dan Mu pada ETABS (Nmm).....	116
Gambar 3.53 Diagram torsi balok <i>BOX</i>	121
Gambar 3.54 Detail Sambungan Balok Induk - Kolom (a), Potongan (b).....	122

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bangunan dan Komponen Gedung	7
[Peraturan Pembebanan Indonesia]	
Tabel 2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung [Peraturan Pembebanan Indonesia]..	8
Tabel 2.3 Tebal Selimut Beton.....	9
Tabel 2.4 Faktor keutamaan <i>I</i> untuk kategori gedung dan bangunan	19
[SNI-1726-2002]	
Tabel 2.5 Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka	21
tanah untuk masing – masing wilayah gempa Indonesia [SNI-03-1726-2002]	
Tabel 2.6 Spektrum respons gempa rencana [SNI-03-1726-2002]	23
Tabel 2.7 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami fundamental	24
struktur gedung [SNI-03-1726-2002]	
Tabel 2.8 Faktor daktilitas maksimum, faktor reduksi gempa maksimum,	24
faktor tahanan lebih struktur dan faktor tahanan lebih total beberapa jenis sistem dan subsistem struktur gedung [SNI-03-1726-2002]	
Tabel 2.9 Sifat mekanis baja structural.....	29
Tabel 2.10 Batas lendutan maksimum	32
Tabel 2.11 Momen kritis untuk tekuk lateral.....	33
Tabel 2.12 Momen kritis untuk tekuk lateral.....	34
Tabel 3.1 <i>Modal Participating Mass Ratio</i> (Gedung C)	53
Tabel 3.2 <i>Center Mass Rigidity</i>	55
Tabel 3.3 Berat struktur	56
Tabel 3.4 <i>Point Displacement</i> (Gedung A).....	64
Tabel 3.5 <i>Point Displacement</i> (Gedung B)	65
Tabel 3.6 Kinerja batas layan <i>Point</i> 111	66
Tabel 3.7 Kinerja batas layan <i>Point</i> 119	66
Tabel 3.8 Kinerja batas layan <i>point</i> 138.....	67
Tabel 3.9 Kinerja batas layan <i>Point</i> 149.....	67
Tabel 3.10 Kinerja batas ultimit <i>Point</i> 111.....	68

Tabel 3.11 Kinerja batas ultimit <i>Point</i> 119.....	69
Tabel 3.12 Kinerja batas ultimit <i>Point</i> 138	69
Tabel 3.13 Kinerja batas ultimit <i>Point</i> 149	70
Tabel 3.14 Tabel momen negatif balok yang ditinjau	72
Tabel 3.15 Tabel gaya geser balok yang ditinjau.....	72
Tabel 3.16 Momen – momen pada balok yang ditinjau akibat beban	73
gravitasi dan beban gempa (COMB3)	
Tabel 3.17 Penulangan dan kapasitas momen penampang kritis balok	89
Tabel 3.18 Gaya geser di muka kolom eksterior dan interior.....	92
Tabel 3.19 Gaya – gaya dalam terfaktor pada kolom yang ditinjau	99
Tabel 3.20 Tulangan untuk <i>hoops</i>	101
Tabel 3.21 Waktu getar gedung	124
Tabel 3.22 Kinerja batas layan (Dengan <i>skybridge</i> baja profil IWF / D ₁).....	125
Tabel 3.23 Kinerja batas layan (Dengan <i>skybridge</i> baja profil BOX / D ₂)	125
Tabel 3.24 Kinerja batas ultimit (Dengan <i>skybridge</i> baja profil IWF / D ₁).....	126
Tabel 3.25 Tabel 3.25 Kinerja batas ultimit (Dengan <i>skybridge</i> baja profil BOX / D ₂)	127
Tabel 3.26 Hasil penulangan balok.....	127
Tabel 3.27 Hasil penulangan kolom	128
Tabel 3.28 perbandingan volume dan berat balok <i>skybridge</i>	130
Tabel 3.29 Perbandingan lendutan balok <i>skybridge</i>	131
Tabel 3.30 Momen pada balok.....	131

DAFTAR NOTASI

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_s	Luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A_{sh}	Luas tulangan geser untuk menahan geser pada konsol
$A_{s,min}$	Luas minimum tulangan lentur, mm ²
$A_{s,max}$	Luas tulangan maksimum yang diperlukan
A_{st}	Luas total tulangan longitudinal (batang tulangan atau baja profil), mm ²
A_{tr}	Luas penampang total tulangan transversal dalam jarak s
A_v	Luas tulangan, mm ²
b	Lebar muka tekan komponen struktur, mm
b_w	Lebar badan, mm
C	Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
C_a	Faktor Respons Gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam Spektrum Respons Gempa Rencana.
C_v	Faktor Respons Gempa vertikal untuk mendapatkan beban gempa vertical nominal statik ekuivalen pada unsur struktur gedung yang memiliki kepekaan yang tinggi terhadap beban gravitasi.
C_1	Nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami fundamental dari struktur gedung.
d	Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
DL	Beban mati, berat bagian gedung yang bersifat tetap
e	Eksentrisitas teoretis antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan kondisi elastik penuh.

E_c	Modulus elastisitas beton
E_s	Modulus elastisitas baja
f	Faktor kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa nominal. struktur gedung pada saat mencapai kondisi di ambang keruntuhan dan beban gempa pada saat terjadinya pelelehan pertama.
f'_c	Kuat tekan beton yang disyaratkan, MPa
f_y	Kuat leleh tulangan non-prategang yang disyaratkan, MPa
g	Percepatan gravitasi; dalam subskrip menunjukkan momen yang bersifat momen guling.
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.
LL	Beban hidup (terjadi akibat penggunaan suatu bangunan)
M_u	Momen terfaktor pada penampang
n	Nomor lantai tingkat paling atas (lantai puncak); jumlah lantai tingkat struktur gedung; dalam subskrip menunjukkan besaran nominal.
R	Faktor reduksi gempa, rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung elastik penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut; factor reduksi gempa representatif struktur gedung tidak beraturan.
s	Spasi tulangan geser, 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 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.
- W_t Berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.
- ρ Rasio tulangan tarik non-prategang
- ϕ Faktor reduksi kekuatan

DAFTAR LAMPIRAN

L.1 Brosur <i>Lift</i> Hyundai.....	134
L.2 Permodelan Gedung Dengan Menggunakan ETABS	136