

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG MENGGUNAKAN SISTEM BAJA BRESING
KONSENTRIS TIPE X**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana**



Oleh :

ADE FAISAL NURROHMAN

20.21.120

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM BAJA BRESING KONSENTRIS TIPE X**

Oleh:

ADE FAISAL NURROHMAN

20.21.120

**Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
pada tanggal 19 Agustus 2024**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Ester Priskasari, MT.

NIP. Y. 1039400265

Mohammad Erfan, ST, MT.

NIP. Y. 1031500508

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Dr. Nofriyanti P. Manaha, S.T., M.T.

NIP. P. 1030300383

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG
MENGUNAKAN SISTEM BAJA BRESING KONSENTRIS TIPE X**

**Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Ujian Tugas
Akhir Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 19 Agustus 2024 dan Diterima
untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh:

ADE FAISAL NURROHMAN

20.21.120

Disahkan Oleh:

Dosen Penguji,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ir. Munasih, MT.
NIP.Y. 1028800187



Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T.
NIP. P. 1030300383

Ketua Program Studi

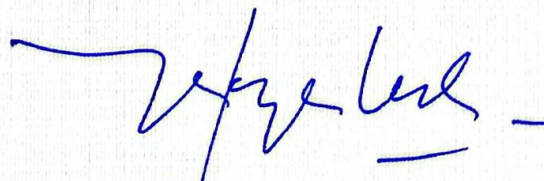
Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1

Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T.
NIP. P. 1030300383



Nenny Roostrianawaty, ST., MT
NIP. P. 1031700533

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ade Faisal Nurrohman

NIM : 20.21.120

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG MENGGUNAKAN SISTEM BAJA
BRESING KONSENTRIS TIPE X”**

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan,serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 27 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan


Ade Faisal
20.21.120

SEKOLAH UNIVERSITAS
20
METERAI
TEMPEL
ED906AJX285606239
20.21.120

Ade Faisal Nurrohman, 2021120.2024. **STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI MALANG MENGGUNAKAN SISTEM BAJA BRESING KONSENTRIS TIPE X.** Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing I : Ir. Ester Priskasari, MT. Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST, MT.

ABSTRAK

Ketersediaan lahan kosong di Kota Malang menjadi semakin berkurang seiring dengan berjalannya waktu.. Terdapat beberapa upaya yang dapat dilakukan, salah satunya adalah dengan menerapkan konsep bangunan vertikal. Salah satu contoh bangunan vertikal adalah Gedung Fakultas Ilmu Sosial UM. Dari berbagai material yang ada, baja menjadi salah satu opsi yang relevan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa. Dikarenakan material baja memiliki beberapa keunggulan, termasuk kekuatan tarik tinggi, daktilitas, dan ketangguhan (toughness). Pada perencanaan ini penulis menggunakan Sistem Rangka Bresing Konsentris tipe X sebagai pilihan untuk memperkuat struktur. Penambahan bresing pada konstruksi baja ini bertujuan untuk memberikan kekakuan pada struktur, sehingga dapat mengurangi deformasi yang timbul akibat gaya lateral yang dihasilkan oleh gempa.

Objek studi yang diambil adalah Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan tinggi 60,7 m. Perencanaan ini menggunakan peraturan SNI 1727 : 2020, SNI 1729 : 2020, SNI 7972 : 2020, dan SNI 2847 : 2020. Permodelan dan analisis struktur menggunakan program bantu ETABS 2018 v18.1.1.

Dari hasil perencanaan didapatkan dimensi balok induk WF 500 x 200 x 10 x 16 dan WF 300 x 150 x 6,5 x 9, untuk balok anak WF 350 x 175 x 7 x 11, kolom 1 KC 800 x 300 x 14 x 26, kolom 2 KC 400 x 200 x 8 x 13 dan bresing WF 400 x 200 x 8 x 13. Kemudian pada sambungan balok induk – kolom menggunakan desain sambungan pelat ujung yang diperkaku dengan jumlah baut 12 – Ø 7/8 inchi, sambungan balok anak – balok induk menggunakan siku L 80 x 80 x 80 dengan jumlah baut 4 – Ø 7/8 inchi, sambungan kolom – kolom menggunakan pelat penyambung yang disambung pada sayap dan badan dengan jumlah baut 8 – Ø 7/8 inchi pada sayap dan 12 – Ø 1 1/2 inchi pada badan, sambungan bresing – kolom menggunakan pelat buhul dengan tebal 10 mm dengan jumlah baut 4 – Ø 7/8 inchi, sambungan bresing – bresing menggunakan siku L 80 x 80 x 10 dengan jumlah 4 – Ø 7/8 inchi, dan untuk *base plate* diperoleh dimensi 1200 x 1200 x 70 dengan jumlah angkur 12 – Ø 1 inchi.

Kata kunci : Baja, Bresing Konsentris, Bresing Konsentris Tipe X

Ade Faisal Nurrohman, 2021120.2024. **ALTERNATIVE STUDY OF UPPER STRUCTURE PLANNING FOR THE FACULTY OF SOCIAL SCIENCES BUILDING AT UNIVERSITAS NEGERI MALANG USING X-TYPE CONCENTRIC BRACING STEEL SYSTEM.** Department of Civil Engineering S-1, Faculty of Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Nasional Malang. Advisor I: Ir. Ester Priskasari, MT. Advisor II: Mohammad Erfan, ST, MT.

ABSTRACT

The availability of vacant land in Malang City is becoming increasingly scarce over time. One of the efforts that can be made is by applying the concept of vertical buildings. An example of a vertical building is the Faculty of Social Sciences building at Universitas Negeri Malang (UM). Among the available materials, steel is one of the relevant options in earthquake-resistant building structure planning due to its several advantages, including high tensile strength, ductility, and toughness. In this planning, the author uses the X-Type Concentric Bracing System as a choice to strengthen the structure. The addition of bracing in this steel construction aims to provide stiffness to the structure, thereby reducing deformation caused by lateral forces generated by earthquakes.

The study object is the Faculty of Social Sciences Building at Universitas Negeri Malang, with a height of 60.7 m. This planning follows regulations SNI 1727: 2020, SNI 1729: 2020, SNI 7972: 2020, and SNI 2847: 2020. The structural modeling and analysis were conducted using the ETABS 2018 v18.1.1 software.

From the planning results, the dimensions obtained are as follows: main beams WF 500 x 200 x 10 x 16 and WF 300 x 150 x 6.5 x 9, secondary beams WF 350 x 175 x 7 x 11, columns KC 1 800 x 300 x 14 x 26, columns KC 2 400 x 200 x 8 x 13, and bracings WF 400 x 200 x 8 x 13. For the main beam-column connection, an end plate design was used with 12 bolts - \varnothing 7/8 inch. The secondary beam-main beam connection uses L-shaped 80 x 80 x 80 angle iron with 4 bolts - \varnothing 7/8 inch. Column-column connections use a splice plate attached to the flange and web with 8 bolts - \varnothing 7/8 inch on the flange and 12 bolts - \varnothing 1 1/2 inch on the web. Bracing-column connections use a 10 mm thick gusset plate with 4 bolts - \varnothing 7/8 inch. Bracing-bracing connections use L-shaped 80 x 80 x 10 angle iron with 4 bolts - \varnothing 7/8 inch. Lastly, the base plate dimensions were obtained as 1200 x 1200 x 70 with 12 anchor bolts - \varnothing 1 inch.

Keywords: Steel, Concentric Bracing, X-Type Concentric Bracing

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sedalam-dalamnya penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: **“Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang Menggunakan Sistem Baja Bresing Konsentris Tipe X”**.

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat dalam mencapai derajat Sarjana Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Sehubungan dengan selesainya karya akhir ini, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Yosimson P Manaha, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
3. Bapak Mohammad Erfan, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.
4. Ibu Ir. Munasih, MT. selaku Dosen Penguji 1 Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Yosimson P Manaha, ST., MT. selaku Dosen Penguji 2 Tugas Akhir.
6. Kedua orang tua tersayang yang selalu memberikan dukungan serta doa.
7. Bapak dan Ibu dosen Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuannya yang menunjang dalam penyusunan dan selesainya Tugas Akhir ini
8. Teman – teman Mahasiswa Teknik Sipil Insitut Teknologi Nasional Malang atas bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu, saran serta kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga karya akhir dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 19 Agustus 2024

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR NOTASI	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Maksud dan Tujuan	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Manfaat Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Studi Literatur Terdahulu	5
2.2 Material Baja	8
2.3 Sistem Rangka Baja Bresing	9
2.3.1 Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK)	9
2.3.2 Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE)	10
2.4 Pembebanan Struktur.....	11
2.4.1 Beban Mati	11
2.4.2 Beban Hidup.....	11
2.4.3 Beban Gempa	11
2.4.4 Kombinasi Pembebanan.....	22
2.5 Kontrol Perilaku Struktur	23
2.5.1 Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal.....	23
2.5.2 Simpangan Antar Tingkat	33
2.5.4 Pengaruh P-delta	34
2.6 Perencanaan Plat Lantai	34
2.7 Metode Desain Perencanaan Struktur	36
2.7.1 Kuat Desain Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan.....	36

2.7.2	Komponen Struktur Untuk Tarik.....	37
2.7.3	Komponen Struktur Untuk Tekan.....	41
2.7.4	Komponen Struktur Untuk Lentur.....	43
2.7.5	Komponen Stuktur Untuk Geser.....	48
2.7.6	Perencanaan Komponen Struktur Kolom	49
2.7.7	Perencanaan Komponen Struktur Komposit.....	51
2.8	Perencanaan Sambungan.....	56
2.8.1	Sambungan Baut.....	56
2.8.2	Sambungan Las.....	61
2.8.3	Sambungan Balok-Kolom.....	64
2.8.4	Sambungan Balok Induk-Balok Anak	65
2.8.5	Sambungan Kolom	65
2.8.6	Sambungan Bresing	66
2.9	<i>Base Plate</i>	66
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....		69
3.1	Data Perencanaan	69
3.1.1	Data Teknis Proyek.....	69
3.1.2	Data Material	69
3.2	Lokasi Proyek.....	70
3.3	Teknik Pengumpulan Data	70
3.4	Teknik Perencanaan.....	71
3.5	Bagan Alir Perencanaan	75
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		78
4.1	Data Perencanaan	78
4.1.1	Data Struktur Bangunan.....	78
4.1.2	Data Material	78
4.2	Pendimensian Struktur.....	79
4.2.1	<i>Preliminary design</i> balok.....	79
4.2.2	<i>Preliminary design</i> kolom	81
4.2.3	Balok.....	81
4.2.4	Kolom	83
4.2.5	Bresing	84
4.3	Perhitungan Pembebanan	85
4.3.1	Beban Mati dan Beban Mati Tambahan	85
4.3.2	Beban Sendiri Komponen Struktur.....	85
4.3.3	Beban Mati Tambahan.....	86

4.3.4	Berat Mati Pada Balok (Akibat Dinding)	86
4.3.5	Beban Hidup	123
4.36	Berat Bangunan.....	123
4.4	Perhitungan Beban Gempa	129
4.4.1	Parameter Perhitungan Beban Gempa	129
4.4.2	Analisis Statik Ekuivalen (<i>Static Equivalent Analysis</i>)	134
4.4.3	<i>Spectrum Respons Design</i>	141
4.5	Kombinasi Pembebanan	143
4.6	Kontrol Perilaku Struktur	146
4.6.1	Kontrol Ketidakberaturan Struktur (Horizontal)	146
4.6.2	Kontrol Ketidakberaturan Struktur (Vertikal)	150
4.6.3	Kontrol Partisipasi Massa	157
4.6.4	Kontrol Simpangan	158
4.6.5	Pengaruh P-delta	163
4.6.6	Kontrol Nilai <i>Base Shear</i>	167
4.7	Perhitungan Pelat Lantai.....	169
4.7.1	Menghitung Tebal Pelat Lantai.....	169
4.7.2	Perencanaan Pelat Lantai	171
4.8	Perhitungan Lebar Balok Efektif.....	191
4.8.1	Pada Balok Induk Komposit Tengah.....	191
4.8.2	Pada Balok Induk Komposit Tepi.....	200
4.8.3	Pada Balok Anak Komposit.....	206
4.9	Perencanaan Balok Induk (Bentang = 7,2 m).....	215
4.9.1	Kontrol Terhadap Lentur	215
4.9.2	Kontrol Balok Terhadap Geser	226
4.9.3	Kontrol Lendutan.....	228
4.9.4	Perhitungan <i>Shear Connector</i>	229
4.10	Perencanaan Balok Induk (Bentang = 3,6 m).....	233
4.10.1	Kontrol Terhadap Lentur	233
4.10.2	Kontrol Balok Terhadap Geser	243
4.10.3	Kontrol Lendutan.....	245
4.10.4	Perhitungan <i>Shear Connector</i>	246
4.11	Perencanaan Balok Anak.....	250
4.11.1	Kontrol Terhadap Lentur	250
4.10.2	Kontrol Balok Terhadap Geser	259
4.10.3	Kontrol Lendutan.....	261

4.11.4 Perhitungan <i>Shear Connector</i>	262
4.12 Perencanaan Kolom.....	266
4.12.1 Kontrol Kolom Terhadap Aksial Tekan	266
4.12.2 Kontrol Lentur Kolom	274
4.12.3 Kontrol Kolom Terhadap Geser	275
4.12.4 Kontrol Pengaruh Tekuk Lateral	277
4.12.5 Kontrol Terhadap Gaya Kombinasi.....	279
4.13 Perencanaan Bresing	280
4.13.1 Cek Kelangsingan Penampang	280
4.13.2 Kontrol Penampang Terhadap Tekan	283
4.13.3 Kontrol Penampang Terhadap Tarik.....	285
4.14 Sambungan Balok Induk ke Kolom	286
4.14.1 Kontrol HBK Portal	292
4.14.2 Sambungan Pelat ke Badan Kolom (Las Sudut).....	294
4.15 Sambungan Balok Anak ke Balok Induk	296
4.15.1 Kontrol Desain Sambungan	297
4.15.2 Perhitungan Jumlah Baut dan Jarak Baut	298
4.15.3 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Geser.....	299
4.15.4 Kontrol Kekuatan Baut Terhadap Tumpu	299
4.15.5 Kontrol Kuat Geser Blok Pelat Penyambung	299
4.15.6 Kontrol Kuat Baut Terhadap Tarik.....	302
4.15.7 Kontrol Kuat Baut Terhadap Momen	304
4.16 Sambungan Kolom - Kolom.....	316
4.16.1 Merencanakan Sambungan pada Sayap Kolom.....	317
4.16.2 Merencanakan Sambungan pada Badan Kolom	319
4.17 Sambungan Bresing- Kolom	327
4.17.1 Merencanakan Sambungan Badan Bresing ke Kolom	328
4.17.2 Merencanakan Sambungan Pelat Buhul ke Kolom	332
4.18 Sambungan Bresing- Bresing.....	338
4.18.1 Sambungan Sayap Bresing ke Pelat Buhul.....	339
4.18.2 Sambungan Badan Bresing ke Pelat Buhul	343
4.19 Perencanaan <i>Base Plate</i>	337
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	344
5.1 Kesimpulan.....	344
5.2 Saran	348
DAFTAR PUSTAKA	349

Lampiran 1. Gambar Perencanaan	351
Lampiran 2. Data Produk	368
Lampiran 3. Pembebanan dan OUTPUT ETABS	375
Lampiran 4. Lembar Asistensi	388

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Contoh Konfigurasi Sistem Rangka Terbreis Konsentris.....	10
Gambar 2. 2. Contoh Konfigurasi Sistem Rangka Terbreis Eksentris	11
Gambar 2. 3. Peta Percepatan Spectrum Respons 0,2 Detik (Ss).....	12
Gambar 2. 4. Peta Percepatan Spectrum Respons 1 Detik (S1)	12
Gambar 2. 5. Peta Transisi Periode Panjang TL Wilayah Indonesia	13
Gambar 2. 6. Spectrum respons desain.....	19
Gambar 2. 7. Ketidakberaturan Struktur Horizontal	28
Gambar 2. 8. Ketidakberaturan Vertikal	32
Gambar 2. 9. Simpangan antar Tingkat.....	33
Gambar 2. 10. Distribusi Tegangan-Regangan pada Analisa Pelat Lantai	35
Gambar 2. 11. Contoh Penampang Batang Tarik.....	37
Gambar 2. 12. Pola sambungan baut segaris	39
Gambar 2. 13. Pola Sambungan Baut Tidak Segaris	39
Gambar 2. 14. Panjang Tekuk untuk Beberapa Kondisi Tumpuan	42
Gambar 2. 15. Portal Bergoyang dan Tidak Bergoyang.....	50
Gambar 2. 16. Nomogram Faktor Panjang Tekuk (K) Kolom Portal	50
Gambar 2. 17. Balok Komposit	51
Gambar 2. 18. Lebar Efektif Balok Komposit.....	52
Gambar 2. 19. Distribusi Tegangan Plastis	52
Gambar 2. 20. Jarak antar baut	59
Gambar 2. 21. Sambungan Las Sudut	61
Gambar 2. 22. Tebal Efektif Las Sudut	62
Gambar 2. 23. Ukuran Maksimum Las	63
Gambar 2. 24. Sambungan pelat ujung yang diperkaku dengan delapan baut (8ES)	64
Gambar 2. 25. Sambungan balok induk - balok anak.....	65
Gambar 2. 26. Sambungan kolom-kolom.....	65
Gambar 2. 27. Sambungan bresing.....	66
Gambar 2. 28. Base plate dengan gaya aksial dan geser	66
Gambar 2. 29. Penampang base plate.....	68
Gambar 3. 1 Peta lokasi gedung.....	70
Gambar 3. 2 Gambar Perencanaan 3 Dimensi.....	73
Gambar 3. 3 Portal Melintang Gedung.....	73
Gambar 3. 4 Portal Memanjang Gedung	74
Gambar 3. 5. Bagan alir perencanaan.....	77
Gambar 4. 1. Penampang balok profil baja.....	81
Gambar 4. 2. Penampang kolom profil baja	83
Gambar 4. 3. Penampang bresing profil baja	84
Gambar 4. 4. Percepatan Spectrum Respons (Ss)	130
Gambar 4. 5. Percepatan Spectrum Respons (S1)	130
Gambar 4. 6. Grafik Respon Spectrum.....	142
Gambar 4. 7. Ketidakberaturan Sudut Dalam.....	148
Gambar 4. 8. Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma	149
Gambar 4. 9. Ketidakberaturan Geometri Vertikal	153
Gambar 4. 10. Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	154
Gambar 4. 11. Gambar Perencanaan Plat Lantai	190

Gambar 4. 12.	Penampang Balok Profil Baja.....	191
Gambar 4. 13	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit Balok Induk Tengah	191
Gambar 4. 14.	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	192
Gambar 4. 15.	Garis Netral Balok Komposit	193
Gambar 4. 16.	Lebar Efektif Pelat Penampang Komposit Balok Induk Tepi ...	200
Gambar 4. 17.	Jarak Titik Berat Penampang Komposit	201
Gambar 4. 18.	Garis Netral Balok Induk Komposit Tepi.....	202
Gambar 4. 19.	Penampang Balok Anak Profil Baja	206
Gambar 4. 20.	Lebar Efektif Pelat Penampang Balok Anak Komposit	206
Gambar 4. 21.	Jarak Titik Berat Penampang Balok Anak Komposit.....	207
Gambar 4. 22.	Garis Netral Balok Anak Komposit.....	208
Gambar 4. 23.	Penampang Balok Induk Profil Baja	215
Gambar 4. 24.	Garis Netral Jatuh pada Profil Baja	219
Gambar 4. 25.	Garis Netral Jatuh pada Badan Profil Baja	224
Gambar 4. 26.	Gaya Geser Balok	226
Gambar 4. 27	Lendutan pada Balok B339 Lantai 12	228
Gambar 4. 28	Gambar Perencanaan Balok Induk Bentang 7,2 m.....	232
Gambar 4. 29.	Penampang Balok Induk Profil Baja	233
Gambar 4. 30.	Garis Netral Jatuh pada Plat Beton.....	237
Gambar 4. 31.	Garis Netral Jatuh pada Badan Profil Baja	240
Gambar 4. 32.	Gaya Geser Balok	243
Gambar 4. 33	Lendutan pada Balok B363 Lantai 1	245
Gambar 4. 34	Gambar Perencanaan Balok Induk Bentang 3,6 m	249
Gambar 4. 35.	Penampang Balok Anak Profil Baja	250
Gambar 4. 36.	Garis Netral Jatuh pada Plat Beton	254
Gambar 4. 37.	Garis Netral Jatuh pada Badan Profil Baja.....	257
Gambar 4. 38.	Gaya Geser Balok	259
Gambar 4. 39	Lendutan pada Balok B283 Lantai 12	261
Gambar 4. 40	Gambar Perencanaan Balok Anak	265
Gambar 4. 41.	Penampang Kolom Profil Baja	266
Gambar 4. 42.	Grafik Nomogram Struktur Bergoyang Arah x	270
Gambar 4. 43.	Grafik Nomogram Struktur Bergoyang Arah y	272
Gambar 4. 44.	Penampang Bresing Profil Baja.....	280
Gambar 4. 45	Gaya yang Bekerja pada Sambungan Balok - Kolom	287
Gambar 4. 46	Stiffner Horizontal pada kolom	293
Gambar 4. 47.	Perencanaan Sambungan Balok Anak-Balok Induk.....	299
Gambar 4. 48.	Jarak Baut terhadap Pelat Penyambung.....	299
Gambar 4. 49.	Kontrol Kuat Baut Terhadap Tarik.....	302
Gambar 4. 50.	Kontrol Kuat Baut Terhadap Momen	304
Gambar 4. 51.	Jarak Antar Baut dan Gaya Baut pada Badan Kolom.....	321
Gambar 4. 52.	Gaya yang Bekerja pada Baut no. 1 Arah X-X	322
Gambar 4. 53	Gaya yang Bekerja pada Baut no. 1 Arah Y-Y	324
Gambar 4. 54	Gambar Perencanaan Sambungan Kolom – Kolom	326
Gambar 4. 55.	Pelat Buhul yang Digunakan	332
Gambar 4. 56.	Gaya yang Terjadi pada Sambungan Bresing - Kolom	333
Gambar 4. 57.	Sambungan Bresing - Bresing	338
Gambar 4. 58	Base Plate.....	341

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perencanaan Terdahulu	5
Tabel 2. 2 Material Baja menurut SNI 7860:2020	8
Tabel 2. 3 Kategori Resiko Gempa	13
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa.....	15
Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs Tanah.....	15
Tabel 2. 6 Koefisien Situs, Fa	16
Tabel 2. 7 Koefisien Situs, Fv	17
Tabel 2. 8 Nilai KDS berdasarkan SDS	18
Tabel 2. 9 Nilai KDS berdasarkan SD1.....	18
Tabel 2. 10 Faktor R, Cd, dan Ω untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	20
Tabel 2. 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x.....	21
Tabel 2. 12 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	22
Tabel 2. 13 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur	23
Tabel 2. 14 Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur	28
Tabel 2. 15 Simpangan antar Lantai Ijin	34
Tabel 2. 16 Faktor Reduksi Kekuatan untuk Batas Ultimit	36
Tabel 2. 17 Faktor <i>Shear Lag</i>	40
Tabel 2. 18 Pemilihan untuk Perencanaan Batang Tekan	42
Tabel 2. 19 Komponen Struktur Daktil Sedang dan Daktil Tinggi	45
Tabel 2. 20 Kriteria Perencanaan Batang Lentur	46
Tabel 2. 21 Penentuan parameter Rg dan Rp	55
Tabel 2. 22 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian Berulir	57
Tabel 2. 23 Pratarik Baut Minimum.....	57
Tabel 2. 24 Dimensi Lubang Nominal	58
Tabel 2. 25 Jarak Minimum Baut ke Tepi Sambungan	59
Tabel 2. 26 Ukuran Minimum Las Sudut.....	62
Tabel 2. 27 Ukuran minimum las sudut	63
Tabel 4. 1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum (Lo).....	123
Tabel 4. 2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung untuk	129
Tabel 4. 3 Faktor Keutamaan Gempa berdasarkan Kategori Risiko	129
Tabel 4. 4 Koefisien situs Fa	131
Tabel 4. 5 Koefisien Situs Fv	131
Tabel 4. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek	133
Tabel 4. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik	133
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Beban Gempa.....	133
Tabel 4. 9 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung	134
Tabel 4. 10 Nilai Parameter Perioda Pendekatan Ct dan x	134
Tabel 4. 11 Menentukan Faktor R, Cd, Ω_o	136
Tabel 4. 12 Berat Seismik Efektif Struktur	138
Tabel 4. 13 Faktor Distribusi Vertikal.....	140
Tabel 4. 14 Gaya Gempa Lateral perlantai.....	140
Tabel 4. 15 Nilai Sa	142
Tabel 4. 16 Ketidakberaturan Torsi Arah x.....	146
Tabel 4. 17 Ketidakberaturan Torsi Arah y.....	147
Tabel 4. 18 Kontrol Ketidakberaturan Torsi	147

Tabel 4. 19	Ketidakteraturan Tingkat Lunak Arah x.....	150
Tabel 4. 20	Ketidakteraturan Tingkat Lunak Arah y.....	151
Tabel 4. 21	Kontrol Ketidakteraturan Tingkat Lunak	151
Tabel 4. 22	Ketidakteraturan Berat (Massa).....	153
Tabel 4. 23	Story forces arah x	154
Tabel 4. 24	Story Forces Arah y.....	155
Tabel 4. 25	Diskontinuitas dalam Ketidakteraturan Kuat Lateral Tingkat.....	155
Tabel 4. 26	Modal Partisipasi Massa Ratio	157
Tabel 4. 27	Story Response Arah x (EQX)	158
Tabel 4. 28	Story Response Arah y (EQY)	159
Tabel 4. 29	Hasil Pengecekan Simpangan Arah x	160
Tabel 4. 30	Hasil Pengecekan Simpangan Arah y	161
Tabel 4. 31	Nilai P_x	163
Tabel 4. 32	Nilai V_x	164
Tabel 4. 33	Nilai V_y	164
Tabel 4. 34	Hasil Pengecekan P-delta Arah x	165
Tabel 4. 35	Hasil Pengecekan P-delta Arah y	166
Tabel 4. 36	Base reactions.....	167
Tabel 4. 37	Konfigurasi base shear	167
Tabel 4. 38	Base Reactions Baru.....	168
Tabel 4. 39	Konfigurasi Base Reactions Baru	168
Tabel 4. 40	Titik Berat terhadap Garis Netral Komposit	193
Tabel 4. 41	Titik Berat terhadap Garis Netral Komposit	194
Tabel 4. 42	Lebar Efektif Balok Induk Tengah.....	194
Tabel 4. 43	Garis Netral Balok Induk Komposit Tengah.....	196
Tabel 4. 44	Momen Inersia Balok Induk Komposit Tengah.....	198
Tabel 4. 45	Titik Berat terhadap Garis Netral	201
Tabel 4. 46	Titik Berat terhadap Garis Netral	202
Tabel 4. 47	Lebar Efektif Balok Induk Tepi	203
Tabel 4. 48	Garis Netral Balok Induk Komposit Tepi	204
Tabel 4. 49	Momen Inersia Balok Induk Komposit Tepi.....	205
Tabel 4. 50	Titik Berat terhadap Sisi Bawah Penampang	207
Tabel 4. 51	Titik Berat terhadap Garis Netral Komposit	208
Tabel 4. 52	Lebar Efektif Balok Anak	209
Tabel 4. 53	Garis Netral Balok Anak Komposit	211
Tabel 4. 54	Momen Inersia Balok Anak	213
Tabel 4. 55	Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja .	215
Tabel 4. 56	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	220
Tabel 4. 57	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan.....	221
Tabel 4. 58	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan.....	224
Tabel 4. 59	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	224
Tabel 4. 60	Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja .	233
Tabel 4. 61	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan.....	241
Tabel 4. 62	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	241
Tabel 4. 63	Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja .	250
Tabel 4. 64	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan.....	257
Tabel 4. 65	Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	258
Tabel 4. 66	Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja .	266

Tabel 4. 67 Nilai Ry dan Rt untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja .	280
Tabel 4. 68 Jarak Antar Baut (Arah X – X)	322
Tabel 4. 69 Gaya dan Jarak Pada Baut (Arah X - X)	323
Tabel 4. 70 Jarak Antar Baut (Arah Y – Y)	324
Tabel 4. 71 Gaya dan Jarak Pada Baut (Arah Y - Y)	325
Tabel 4. 72 Titik Berat pada Pelat Buhul	332
Tabel 5. 1 Story Response Arah x (RSPX).....	344
Tabel 5. 2 Story Response Arah y (RSPY)	345

DAFTAR NOTASI

ρ	= Faktor redundansi, seperti didefinisikan dalam pasal 7.3.4.
a	= Jarak bersih antara pengaku-pengaku transversal, in. (mm)
a	= Jarak pengaku vertikal plat badan
A_1	= Luas penampang baja konsentris menumpu pada permukaan beton (mm ²)
A_2	= Luas maksimum permukaan beton secara geometris sama dengan 50 konsentris dengan daerah yang dibebani (mm ²)
A_b	= Luas baut (mm ²)
A_b	= Luas tubuh angkur (mm ²)
A_g	= Luas bruto
A_{sc}	= Luas penampang <i>shear connector</i> jenis paku
A_{sr}	= Luas tulangan transversal balok
A_w	= Luas badan balok baja, in. ² (mm ²)
B	= Lebar <i>base plate</i>
b_f	= Lebar sayap
C_a	= Koefisien sehubungan dengan kekakuan dan kurvatur breis relatif
C_b	= Faktor modifikasi tekuk torsi-lateral untuk diagram momen tidak seragam apabila kedua ujung segmen terbreis
C_m	= 0,85; elemen dengan ujung-ujung kaku
C_m	= 1; elemen dengan ujung-ujung sederhana
C_{vx}	= Faktor distribusi vertikal
d	= Diameter baut nominal (mm)
D	= Pengaruh beban mati
d	= Tinggi keseluruhan balok dikenakan pada tingkat i atau x_i
E	= Modulus elastis baja = 29 000 ksi (200 000 MPa)
E	= Pengaruh beban seismik
E_h	= Pengaruh beban seismik horizontal seperti didefinisikan pasal 7.4.2.1
E_v	= Pengaruh beban seismik vertikal seperti didefinisikan pasal 7.4.2.2
f	= Lendutan
f'_c	= Kekuatan tekan beton (Mpa)
f'_c	= Kekuatan tekan beton terspesifikasi, ksi. (MPa)
F_{cr}	= Tegangan kritis
f_{ijin}	= Lendutan ijin
f_{maks}	= Lendutan maksimum
F_{nt}	= Tegangan tarik nominal, Mpa (Tabel J3.2 halaman 127)
F_{nv}	= Tegangan geser nominal baut, Mpa (Tabel J3.2 halaman 127)
F_t	= Kuat tarik nominal angkur (Mpa)
f_u	= Kekuatan tarik minimum material yang disambung (MPa)
F_u	= Kekuatan tarik minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
F_u	= Tegangan putus penghubung jenis paku
f_{uw}	= Kuat tarik putus logam las
F_v	= Kuat geser nominal angkur (Mpa)
F_y	= Tegangan leleh baja
F_y	= Tegangan leleh minimum terspesifikasi, ksi (MPa)
h	= Tinggi penampang
h_x	= Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x

hn	= Ketinggian struktur
I_e	= Faktor keutamaan gempa
$I_{komposit}$	= Momen inersia penampang komposit (mm ⁴)
k	= Eksponen yang terkait dengan periode struktur
L	= Beban hidup
L	= Panjang bentang balok
L	= Panjang bentang <i>shear connector</i>
L_b	= Panjang antara titik-titik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap puntir penampang, in. (mm)
L_p	= Batas panjang tak terbreis secara lateral untuk kondisi batas leleh, in. (mm)
L_r	= Pembatas panjang tidak di pengaku secara lateral untuk analisis plastis
L_w	= Panjang las yang dibutuhkan
m	= Bidang geser
M	= Momen maks akibat lentur yang diperoleh dari luas momen
$M_{ex,cy}$	= Kekuatan lentur tersedia sumbu x, y
M_{lt}	= Momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan beban yang menimbulkan pergoyangan (beban lateral)
M_n	= Kuat momen nominal lentur
M_n	= Momen nominal <i>base plate</i>
M_{ntu}	= Momen berfaktor pada analisa orde pertama yang diakibatkan oleh beban tidak menimbulkan goyangan (beban gravitasi)
M_p	= Momen lentur plastis, kip-in (N-mm)
M_P	= Momen tahan plastis
M_{pl}	= Momen lentur terfaktor yang terjadi pada <i>base plate</i>
M_r	= Kekuatan lentur perlu
$M_{rx,ry}$	= Kekuatan momen lentur perlu sumbu x, y
M_u	= Beban layan terfaktor
n	= Banyaknya titik-titik yang terbreis di dalam bentang
N	= Jumlah tingkat
N	= Panjang <i>base plate</i>
N_1	= Jumlah penghubung geser
N_{crb}	= Gaya tekan kritis Euler untuk elemen tidak bergoyang (k-untuk tidak bergoyang)
N_u	= Gaya tekan berfaktor
ϕR_{nw}	= Tahanan nominal per satuan panjang las
ϕ_c	= Faktor reduksi = 0,65
P_n	= Kekuatan tekan aksial nominal
P_n	= Kekuatan tekan nominal, kips (N)
P_p	= Gaya aksial normal
P_u	= Gaya aksial terfaktor
P_u	= Gaya aksial terfaktor
P_u	= Kekuatan aksial tekan perlu dengan menggunakan kombinasi beban DFBT
Q_E	= Pengaruh gaya seismik horizontal dari V atau F_p
Q_n	= Kuat geser nominal untuk penghubung geser
R	= Beban air hujan
R	= Faktor modifikasi respons

R_n	= Kekuatan nominal baut (R_n)
R_{nw}	= Tahanan nominal per satuan panjang las
R_u	= Beban terfaktor per satuan panjang las
R_u	= Beban terfaktor per satuan panjang las
R_u	= Gaya terfaktor yang terjadi pada baut (N)
R_Y	= Rasio kekuatan leleh terekspektasi terhadap kekuatan leleh minimum
S	= Jarak baut ke baut (mm)
S	= Modulus penampang
SD_1	= Parameter percepatan spektral desain untuk periode 25 pendek
SD_1	= Percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
SDS	= Percepatan spektral desain untuk periode pendek
S_t	= Jarak baut ke tepi pelat (mm)
S_x	= Modulus penampang elastis terhadap sumbu x, in.3 (mm ³)
T	= Periode fundamental struktur
t	= Tebal material yang disambung (mm)
T_a	= Periode fundamental pendekatan
t_e	= Tebal efektif las ($0,707a$), dengan a = tebal las sudut
t_f	= Tebal sayap
T_{max}	= Periode maksimum
t_p	= Tebal <i>base plate</i>
t_w	= Tebal pelat badan
V	= Gaya lateral desain total atau geser dasar struktur
V_h	= Gaya geser horizontal
V_n	= Kapasitas nominal geser penampang
V_u	= Kapasitas geser perlu
V_{ub}	= Gaya geser yang terjadi (N)
W	= Berat seismik efektif
W_x	= Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau
Z	= Modulus penampang plastis terhadap sumbu lentur, in.3 (mm ³)
Z_x	= Modulus penampang plastis
δ_b	= Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh $P\delta$
δ_s	= Faktor amplifikasi, untuk memasukan pengaruh $P\Delta$
λ	= Rasio lebar terhadap tebal untuk elemen
λ_p	= Batas parameter lebar terhadap tebal untuk elemen kompak
λ_{pf}	= Batas parameter lebar terhadap tebal untuk sayap kompak
λ_r	= Batas parameter lebar terhadap tebal untuk elemen nonkompak
λ_{rf}	= Batas parameter lebar terhadap tebal untuk sayap nonkompak
ΣN_{crs}	= Jumlah gaya kritis Euler untuk element bergoyang, (k -bergoyang) dalam satu tingkat yang ditinjau
ΣN_u	= Jumlah gaya tekan berfaktor seluruh kolom dalam satutingkat yang ditinjau
Φ	= Faktor reduksi untuk lentur (0,90)
Φ	= Faktor ketahanan baut = 0,75
C_s	= Koefisien respons seismik
C_t	= Koefisien periode pendekatan
C_u	= Koefisien batas atas pada periode yang dihitung
T_c	= Periode fundamental bangunan
T_a	= Periode fundamental