

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA
GEDUNG GBI AMBON DENGAN SISTEM RANGKA
BRESING KONSENTRIS TIPE X**

TUGAS AKHIR

*Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana
(S-1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang*



**Disusun Oleh:
HERMAN RUBIYANTO
NIM 21.21.076**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA
GEDUNG GBI AMBON DENGAN SISTEM RANGKA
BRESING KONSENTRIS TIPE X**

Disusun Oleh:

HERMAN RUBIYANTO

NIM 21.21.076

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

Pada Tanggal 13 Agustus 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Mohammad Erfan, ST., MT.

NIP. P. 103 150 0508

Vega Aditama, ST., MT.

NIP. P. 103 190 0559

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.

NIP. P. 103 030 0383

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG GBI AMBON DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS TIPE X

Tugas Akhir ini telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 13 Agustus 2025 dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh:

HERMAN RUBIYANTO

NIM 21.21.076

Disahkan Oleh:

Dosen Penguji:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Ir. Ester Priskasari, MT.

NIP. Y. 103 940 0265

Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.

NIP. P. 103 030 0383

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi

Teknik Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.

NIP. P. 103 030 0383

Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1

Nenny Roostrianawaty, ST., MT.

NIP. P. 103 170 0533

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Herman Rubiyanto

Nim : 2121076

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)

Menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul :

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR BAJA GEDUNG
GBI AMBON DENGAN SISTEM RANGKA BRESING KONSENTRIS
TIPE X”**

Sebenarnya 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). Demikian surat pernyataan ini saya buat tulus dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, 13 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan



HERMAN RUBIYANTO

21.21.076

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Tumbuhlah melalui apa yang kamu lalui”

“Hidup bukan sekadar deretan peristiwa, melainkan ladang tempat jiwa ditempa. Luka bukan hanya perih, ia adalah rahasia yang menyimpan cahaya. Jatuh bukan sekadar rapuh, ia adalah panggilan untuk bangkit lebih utuh. Dan di antara ujian hidup itu, skripsi hadir sebagai salah satu perjalanan terberat. Malam-malam panjang yang kau isi dengan tinta, ketikan, kopi, dan doa bukanlah sia-sia. Setiap revisi adalah cambuk, setiap kelelahan adalah saksi, bahwa tumbuh tak pernah lahir dari jalan yang mudah. Tumbuh adalah keberanian untuk tetap melangkah, meski pikiran jenuh dan hati goyah. Maka, biarkan dirimu mekar seperti bunga yang menemukan indahnya setelah badai hujan. Jadikan susah payah perjuangan ini sebagai akar yang menguatkan, dan skripsimu sebagai bukti bahwa kau telah tumbuh melalui apa yang kau lalui.” #Hermend_Westregion.

Manusia diciptakan bukan untuk diam, tetapi untuk berjuang. Sebab di pundaknya ada amanah kekhalifahan, di dadanya ada cahaya iman, dan di tangannya ada tanggung jawab kemanusiaan. Di bawah panji MADANI, peradapan kita tegakkan, perjuangan kita korbankan. Hari ini adalah fajar baru yang menandai langkah pertama menuju kejayaan. #Hermend_Madani.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, karya sederhana ini kupersembahkan kepada Ayah dan Ibu tercinta. Dari peluh yang kau teteskan hingga doa yang tak pernah henti, dari lelah yang kau sembunyikan hingga harapan yang kau titipkan, semua menjadi cahaya yang menuntunku melewati jalan terjal ini. Skripsi ini lahir bukan hanya dari tinta dan pikiranku, tetapi dari kerja kerasmu mencari nafkah, dari kesabaranmu mendidik, dan dari kasih sayangmu yang tak mengenal batas. Semoga lembaran ini menjadi bunga kecil yang tumbuh dari tanah pengorbananmu, dan menjadi tanda bahwa perjuanganmu tak pernah sia-sia.

HERMAN RUBIYANTO, Prodi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang, 13 Agustus 2025. *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja Gedung GBI Ambon Dengan Sistem Rangka Bresing Konsentris Tipe X.*

Pembimbing I : Mohammad Erfan, ST., MT.

Pembimbing II : Vega Aditama, ST., MT.

ABSTRAK

Kota Ambon berada di wilayah rawan gempa sehingga memerlukan perencanaan struktur yang memenuhi ketentuan ketahanan gempa. Tugas akhir ini menyajikan studi alternatif perencanaan Gedung GBI Ambon menggunakan struktur baja dengan sistem rangka bresing konsentris tipe X sebagai pengganti desain awal beton bertulang, untuk meningkatkan kekakuan dan mengurangi simpangan akibat beban lateral.

Perencanaan mengacu pada SNI dan AISC, meliputi perhitungan balok, kolom, bresing, sambungan baut dan las, serta pondasi tiang pancang dan pilecap. Analisis dilakukan dengan ETABS 22 melalui metode statik ekuivalen dan respons spektrum, dengan pemeriksaan parameter base shear, partisipasi massa, simpangan antar lantai, dan pengaruh P-delta.

Hasil perencanaan menunjukkan seluruh parameter kinerja memenuhi batas izin. Dimensi utama meliputi balok WF 500×300×16×25, balok anak WF 400×200×9×12, kolom H-Beam 418×407×20×30, dan bresing 2C 200×90×8×13,5. Pondasi menggunakan pilecap 2,4×2,4 m dengan 4 tiang pancang Ø 400 mm panjang 15 m.

Kata kunci : Struktur baja, rangka bresing konsentris tipe X, beban gempa, base shear, simpangan, P-delta, pondasi tiang pancang, pilecap, sambungan baja.

HERMAN RUBIYANTO, *Civil Engineering Undergraduate Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, National Institute of Technology Malang, 13 August 2025. Alternative Study of Steel Structure Planning for GBI Ambon Building with X-Type Concentric Bracing Frame System.*

Pembimbing I : Mohammad Erfan, ST., MT.

Pembimbing II : Vega Aditama, ST., MT.

ABSTRACT

Ambon City is located in a high seismic risk area, requiring structural designs that comply with earthquake resistance standards. This final project presents an alternative design of the GBI Ambon building using steel structure with a concentric braced frame type X system, replacing the original reinforced concrete design to improve stiffness and reduce displacement under lateral loads.

The design follows SNI and AISC standards, covering the calculation of beams, columns, bracings, bolted and welded connections, as well as pile foundation and pilecap. Analysis was performed using ETABS 22 with equivalent static and response spectrum methods, examining base shear, mass participation, interstory drift, and P-delta effects.

The results show that all performance parameters meet allowable limits. The main dimensions include WF 500×300×16×25 beams, WF 400×200×9×12 secondary beams, H-Beam 418×407×20×30 columns, and 2C 200×90×8×1,5 bracings. The foundation uses 2.4×2.4 m pilecaps with four 400 mm diameter piles, each 15 m in length.

Keywords: Steel structure, concentric braced frame type X, earthquake load, base shear, deviation, P-delta, pile foundation, pilecap, steel connection.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Dimana Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Awan Uji Krismanto, ST., MT., PhD.** selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. **Dr. Debby Budi Susanti, ST., MT.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. **Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.** selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
4. **Mohammad Erfan, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir.
5. **Vega Aditama, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir.
6. Kepada Ayah dan Ibu tercinta diucapkan terimakasih atas segala doa, kasih sayang, jerih payah mereka dalam bekerja, serta pengorbanan yang tiada henti, yang telah menjadi cahaya penerang, sumber kekuatan, dan sandaran dalam setiap langkah hingga terselesaikannya karya ini
7. Terima kasih kepada sahabat-sahabat Komisariat Madani yang telah menjadi keluarga dalam perjuangan. Semoga semangat *Yakin Usaha Sampai* selalu menuntun langkah kita untuk terus bermanfaat bagi umat dan bangsa.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini dapat memberi manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Malang, 13 Agustus 2025

Hormat saya,

HERMAN RUBIYANTO

21.21.076

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Masalah	3
1.5 Manfaat Perencanaan.....	4
1.6 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Studi Terdahulu.....	6
2.2 Material Baja	10
2.3 Prinsip Dasar Bangunan Tahap Gempa	11
2.4 Sistem Rangka Baja Bresing	12
2.4.1 Sistem Rangka Bresing Konsentris (SRBK).....	13
2.4.2 Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE).....	13
2.5 Pembebanan Pada Struktur.....	14

2.5.1	Beban Mati (SNI 1727:2020 Pasal 3.1 Hal 21).....	15
2.5.2	Beban Mati Tambahan (<i>Super Imposed Dead Load</i>).....	15
2.5.3	Beban Hidup (SNI 1727:2020 Pasal 4.1 Hal 25).....	15
2.5.4	Beban Gempa (<i>Earthquake Load</i>)	15
2.5.5	Kombinasi Pembebanan.....	16
2.6	Perencanaan Struktur Terhadap Beban Gempa	16
2.7	Parameter Percepatan Gempa.....	16
2.7.1	Kelas Situs.....	16
2.7.2	Koefisien Situs	17
2.7.3	Spektrum Respon Desain	20
2.8	Pengaruh P-delta.....	21
2.9	Perilaku Struktur.....	22
2.9.1	Simpangan Antar Lantai.....	22
2.9.2	Eksentrisitas (e).....	23
2.9.3	Ketidakteraturan Vertikal dan Horizontal	24
2.10	Perencanaan Elemen Struktur.....	27
2.10.1	Kuat Desain Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK) 27	
2.10.2	Komponen Struktur Untuk Tarik.....	27
2.10.3	Komponen Struktur Untuk Tekan	30
2.10.4	Komponen Struktur Untuk Lentur	32
2.10.5	Komponen Struktur Untuk Geser.....	33
2.10.6	Perencanaan Komponen Struktur Untuk Balok Baja.....	35
2.10.7	Perencanaan Komponen Struktur Untuk Kolom Baja	41
2.11	Perencanaan Sambungan	44

2.11.1	Sambungan Baut	44
2.11.2	Sambungan Las	47
2.11.3	Sambungan Balok-Kolom.....	49
2.11.4	Sambungan Balok Induk-Balok Anak.....	50
2.11.5	Sambungan Kolom.....	50
2.11.6	Sambungan Bresing	51
2.12	Base Plate.....	51
2.13	Perencanaan Pondasi Tiang Pancang.....	54
2.13.1	Daya Dukung Ujung Ultimit Tiang (Q_p)	54
2.13.2	Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s).....	54
2.13.3	Daya Dukung Total (Q_u).....	55
2.13.4	Daya Dukung Ijin Tiang (Q_a)	55
2.13.5	Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang.....	55
2.14	Perencanaan Pilecap	55
2.14.1	Kontrol Geser Pons Pilecap	56
2.14.2	Penulangan Pilecap	56
BAB III METODELOGI DAN PERENCANAAN.....		58
3.1	Lokasi Gedung.....	58
3.2	Data Perencanaan	58
3.2.1	Data Teknis Bangunan	58
3.2.2	Data Material.....	58
3.3	Data Geometri Proyek Gedung GBI Ambon.....	59
3.4	Dasar Penggunaan Bresing.....	60
3.5	Rencana Pemasangan Bresing	61
3.6	Tahapan Perencanaan	62

3.6.1	Pengumpulan Data	62
3.6.2	Analisa Pembebanan	63
3.6.3	Analisis Struktur.....	63
3.6.4	Pemeriksaan Output	63
3.7	Bagan Alir.....	64
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		67
4.1	Data Perencanaan	67
4.1.1	Data Struktur Bangunan.....	67
4.1.2	Data Material.....	67
4.2	Pendimensian Komponen Struktur.....	68
4.2.1	Preliminary Design Balok.....	68
4.2.2	Preliminary Design Kolom	70
4.2.3	Preliminary Design Bresing	71
4.3	Perhitungan Pembebanan	72
4.3.1	Beban Mati.....	72
4.3.2	Beban sendiri Komponen Struktur.....	76
4.3.3	Beban Mati Tambahan	76
4.3.4	Beban Hidup.....	106
4.4	Perhitungan Perataan Beban (Tributary Area).....	107
4.5	Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok..	114
4.5.1	Perhitungan Beban Mati pada Balok (arah memanjang X)	114
4.5.2	Perhitungan Bbeban Mati pada Balok (arah melintang Y)	118
4.5.3	Perhitungan Beban Hidup pada Balok (arah memanjang X).....	122
4.5.4	Perhitungan Beban Hidup pada Balok (arah melintang Y).....	127
4.6	Perhitungan Massa Bangunan	131

4.6.1	Perhitungan Massa Bangunan pada Rooftop	131
4.6.2	Perhitungan massa bangunan pada Lantai 4	134
4.6.3	Perhitungan Massa Bangunan pada Lantai 3	138
4.6.4	Perhitungan Massa Bangunan pada Lantai 2	141
4.6.5	Perhitungan Massa Bangunan pada Lantai 1	145
4.6.6	Perhitungan Massa Bangunan pada Basement 1	149
4.7	Perhitungan Beban Gempa	153
4.7.1	Parameter Perhitungan Beban Gempa	153
4.7.2	Analisis Statik Ekuivalen (Static Equivalent Analysis)	162
4.7.3	Spectrum Respons Design.....	169
4.8	Kombinasi Pembebanan	170
4.9	Kontrol Perilaku Struktur	172
4.9.1	Eksentrisitas	172
4.9.2	Eksentrisitas Rencana.....	172
4.9.3	Kontrol Nilai Base Shear (Gaya Gempa Dasar)	174
4.9.4	Kontrol Partisipasi Massa	175
4.9.5	Kontrol Simpangan	175
4.9.6	Pengaruh P-Delta	178
4.9.7	Ketidakteraturan Struktur (horizontal)	181
4.9.8	Ketidakteraturan Struktur (Vertikal).....	183
4.10	Perhitungan Lebar Efektif.....	189
4.10.1	Pada Balok Induk Tepi	189
4.10.2	Pada Balok Induk Tengah	193
4.10.3	Pada Balok Anak Tengah	197
4.11	Perencanaan Balok Induk	201

4.11.1	Perhitungan penampang elastis transformasi	202
4.11.2	Kontrol Balok Terhadap Lentur	204
4.11.3	Kontrol Balok Terhadap Geser.....	213
4.11.4	Pemeriksaan Terhadap Tekuk Torsi Lateral	215
4.11.5	Perhitungan <i>shear connector</i>	216
4.11.6	Kontrol Balok Terhadap Lendutan.....	220
4.12	Perencanaan Balok Anak	221
4.12.1	Perhitungan penampang elastis transformasi	222
4.12.2	Kontrol Balok Terhadap Lentur	224
4.12.3	Kontrol Balok Terhadap Geser.....	227
4.12.4	Pemeriksaan Terhadap Tekuk Torsi Lateral	228
4.12.5	Perhitungan shear connector	230
4.12.6	Kontrol Balok Terhadap Lendutan.....	233
4.13	Perencanaan Kolom dengan tinggi 3.5 m.....	235
4.13.1	Kontrol Kolom Terhadap Aksial Tekan.....	236
4.13.2	Kontrol Lentur Kolom.....	242
4.13.3	Kontrol Pengaruh Tekuk Lateral	242
4.13.4	Kontrol Terhadap Gaya Kombinasi.....	245
4.13.5	Kontrol Balok Terhadap Terhadap Geser	245
4.14	Perencanaan Bresing.....	248
4.14.1	Cek kelangsingan penampang.....	249
4.14.2	Kontrol Penampang Terhadap Tekan	250
4.14.3	Kontrol Penampang Terhadap Tarik.....	252
4.15	Sambungan Balok Anak ke Balok Induk.....	254
4.15.1	Kontrol Desain Sambungan	255

4.15.2	Perhitungan jarak dan jumlah baut.....	256
4.15.3	Kontrol Kekuatan Baut terhadap Geser	257
4.15.4	Kontrol Kekuatan Baut terhadap Tumpu	258
4.15.5	Kontrol kuat geser blok pelat penyambung:	258
4.15.6	Kontrol Kuat Baut Terhadap Tarik.....	260
4.16	Sambungan Balok Induk ke Kolom.....	262
4.16.1	Desain Pelat Ujung dan baut.....	268
4.16.2	Desain di bagian kolom.....	276
4.16.3	Desain Untuk Sambungan Pada Sumbu Lemah Kolom	283
4.17	Sambungan Kolom - Kolom.....	286
4.17.1	Merencanakan Sambungan Sayap Kolom	288
4.17.2	Merencanakan Sambungan Untuk Badan Kolom	292
4.17.3	Kontrol Pada Arah Sumbu Grobal (X-X).....	294
4.17.4	Kontrol Pada Arah Sumbu Grobal (Y-Y).....	296
4.18	Sambungan Kolom dan Bresing	299
4.18.1	Merencanakan Sambungan Badan Bresing ke Kolom.....	300
4.18.2	Sambungan Plat Buhul ke Kolom.....	304
4.18.3	Sambungan Las	307
4.19	Sambungan Bresing ke Bresing (Bagian Pelat Buhul)	309
4.19.1	Sambungan Badan Bresing ke Pelat Buhul.....	309
4.20	Perhitungan Base Plate	315
4.21	Penulangan Kolom Pedestal	324
4.21.1	Penulangan Kolom Pedestal 700 x 700 mm	326
4.21.2	Diagram Interaksi kolom pedestal	357
4.21.3	Desain Penulangan Transversal Kolom 700 x 700	359

4.22	Perencanaan Pondasi.....	365
4.23	Perencanaan Pondasi.....	366
4.23.1	Perhitungan Daya Dukung Pondasi	367
4.23.2	Daya Dukung Lateral	374
4.23.3	Kontrol Geser Pons Pondasi Tipe -1	379
4.23.4	Perhitungan Penulangan Pilecap Arah X	384
4.23.5	Perhitungan Penulangan Pilecap Arah Y	392
4.23.6	Perhitungan Penurunan Pondasi.....	400
4.24	Momen Crack Pada Tiang Pancang	402
4.24.1	Momen Lentur Tiang.....	403
4.24.2	Modulus hancur (rupture) beton.....	404
4.24.3	Momen Retak Tiang Pancang	404
4.25	Perhitungan Penulangan Pondasi Tiang Pancang	407
4.25.1	Perencanaan Tulangan Spiral	408
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		411
5.1	Kesimpulan.....	411
5.2	Saran	412
DAFTAR PUSTAKA		413
LAMPIRAN		415

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan studi terdahulu	9
Tabel 2.2 Nilai R_y dan R_t untuk Material Baja dan Material Tulangan Baja	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Situs.....	17
Tabel 2.4 Koefisien situs F_a berdasarkan parameter percepatan spektral desain pada periode pendek.	19
Tabel 2.5 Koefisien Situs F_v Berdasarkan Parameter Percepatan Spektral Desain	19
Tabel 2.6 Simpangan antar lantai Ijin	23
Tabel 2.7 Ketidakberaturan horizontal pada struktur	24
Tabel 2.8 Ketidakberaturan Vertikal.....	26
Tabel 2.9 Faktor Panjang Efektif (K).....	31
Tabel 2.10 Rasio lebar terhadap tebal elemen tekan	43
Tabel 2.11 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian Berulir	45
Tabel 2.12 Pratarik Baut Minimum	46
Tabel 2.13 Dimensi Lubang Nominal	46
Tabel 2.14 Jarak Minimum Baut ke Tepi Sambungan	47
Tabel 2.15 Ukuran Minimum Las Sudut	48
Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Elemen Struktur (mm)	72
Tabel 4.2 Rekapitulasi hasil perhitungan beban mati tambahan dinding	103
Tabel 4.3 Beban hidup terdistribusi merata (L_o)	106
Tabel 4.4 Rekapitulasi Perataan Beban	114
Tabel 4.5 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Basement 1	114
Tabel 4.6 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Lantai 1-3	115
Tabel 4.7 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Lantai 4	116
Tabel 4.8 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Rooftop	117
Tabel 4.9 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Basement 1	118
Tabel 4.10 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Lantai 1-3	119
Tabel 4.11 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Lantai 4	120
Tabel 4.12 Perhitungan Beban Mati yang Bekerja pada Balok Lantai Rooftop .	121
Tabel 4.13 Perhitungan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok Basement 1	123

Tabel 4.14 Perhitungan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok Lantai 1-3.....	124
Tabel 4.15 Perhitungan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok Lantai 4.....	125
Tabel 4.16 Perhitungan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok Rooftop	126
Tabel 4.17 Perhitungan Beban Hidup yang Bekerja pada Balok Basement 1	127
Tabel 4.18 Perhitungan beban hidup yang bekerja pada balok lantai 1-3.....	128
Tabel 4.19 Perhitungan beban hidup yang bekerja pada balok lantai 4.....	129
Tabel 4.20 Perhitungan beban hidup yang bekerja pada balok lantai rooftop	130
Tabel 4.21 Massa bangunan	153
Tabel 4.22 Kategori risiko bangunan Gedung dan non Gedung untuk beban gempa berdasarkan fungsi bangunan.....	153
Tabel 4.23 Faktor keutamaan gempa berdasarkan kategori risiko	154
Tabel 4.24 Data tanah sampel 1	156
Tabel 4.25 Data tanah sampel 2	156
Tabel 4.26 Data tanah sampel 3	157
Tabel 4.27 Data tanah sampel 4	157
Tabel 4.28 Klasifikasi kelas situs tanah	158
Tabel 4.29 Koefisien situs Fa	159
Tabel 4.30 Koefisien situs Fv.....	159
Tabel 4.31 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode pendek	161
Tabel 4.32 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 detik.....	161
Tabel 4.33 Rekapitulasi Perhitungan Parameter Beban Gempa.....	161
Tabel 4.34 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung	162
Tabel 4.35 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	162
Tabel 4.36 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	163
Tabel 4.37 Faktor Distribusi Vertikal	167
Tabel 4.38 Gaya Gempa Lateral Per Lantai	168
Tabel 4.39 Kombinasi gempa.....	171
Tabel 4.40 Centers of Mass and Rigidity	172
Tabel 4.41 Perhitungan Eksentrisitas Rencana (ed).....	172

Tabel 4.42 Eksentrisitas Rencana.....	173
Tabel 4.43 Koordinat Pusat Massa.....	173
Tabel 4.44 Koordinat Pusat Rotasi.....	173
Tabel 4.45 Base Reaction.....	174
Tabel 4.46 Konfigurasi Base Shear statis.....	174
Tabel 4.47 Konfigurasi Base Shear dinamis	174
Tabel 4.48 Modal Participating Mass Ratio	175
Tabel 4.49 Simpangan akibat gempa dinamis (RSPX dan RSPY)	175
Tabel 4.50 Simpangan arah x	176
Tabel 4.51 Simpangan arah y	176
Tabel 4.52 Story Force (px)	179
Tabel 4.53 Story Force (Py)	179
Tabel 4.54 Kontrol P-delta Arah X	180
Tabel 4.55 Kontrol P-delta Arah Y.....	180
Tabel 4.56 ketidakberaturan horizontal pada struktur.....	181
Tabel 4.57 Kontrol ketidakberaturan torsi	181
Tabel 4.58 ketidakberaturan vertikal.....	183
Tabel 4.59 Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	184
Tabel 4.60 Ketidakberaturan Berat (Masssa).....	185
Tabel 4.61 Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat.....	187
Tabel 4.62 Titik berat terhadap sisi bawah penampang	191
Tabel 4.63 Titik berat terhadap garis netral komposit.....	192
Tabel 4.64 Lebar efektif balok tepi	192
Tabel 4.65 Garis Netral Balok Induk Komposit (Tepi).....	192
Tabel 4.66 Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tepi)	193
Tabel 4.67 Titik berat terhadap sisi bawah penampang	194
Tabel 4.68 Titik berat terhadap garis netral komposit.....	195
Tabel 4.69 Lebar efektif balok tengah.....	196
Tabel 4.70 Garis Netral Balok Induk Komposit (Tengah)	196
Tabel 4.71 Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah).....	196
Tabel 4.72 Titik Berat Terhadap Sisi Penampang	198

Tabel 4.73 Titik berat terhadap garis netral komposit.....	199
Tabel 4.74 Lebar efektif balok anak tengah	199
Tabel 4.75 Garis Netral Balok Anak Komposit (Tengah)	200
Tabel 4.76 Momen Inersia Balok Induk Komposit (Tengah).....	200
Tabel 4.77 Rasio tegangan leleh ekspetasi (R_y).....	204
Tabel 4.78 Titik Berat Penampang Daerah Tarik	208
Tabel 4.79 Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tekan	211
Tabel 4.80 Titik Berat Penampang Komposit Daerah Tarik	212
Tabel 4.81 Pelat penyambung L.....	255
Tabel 4.83 Jarak Pada Baut	295
Tabel 4.84 Gaya Dan Jarak Yang Bekerja Pada Tiap Baut	295
Tabel 4.85 Jarak Pada Baut	296
Tabel 4.86 Gaya Dan Jarak Yang Bekerja Pada Tiap Baut	297
Tabel 4.87 Titik centroid plat buhul	305
Tabel 4.88 gaya vertikal	324
Tabel 4.89 Beban-beban yang bekerja pada kolom	325
Tabel 4.90 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n tulangan 16D22	357
Tabel 4.91 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n tulangan 20D22	357
Tabel 4.92 Rekapitulasi nilai ϕP_n dan ϕM_n tulangan 24D22	357
Tabel 4.93 Rekapitulasi nilai P_u , M_x , dan M_y pada etabs.....	357
Tabel 4.94 Data tanah sampel I.....	365
Tabel 4.95 Rekapitulasi Output Joint Reactions Etabs.....	365
Tabel 4.96 Rekapitulasi output pondasi tipe 1	366
Tabel 4.97 Nilai Faktor Keamanan Pondasi Tipe 1.....	369
Tabel 4.98 korelasi N_{spt} dan berat jenis	376
Tabel 4.99 Korelasi Nilai SPT dan Berat Jenis	376
Tabel 4.100 Nilai koefisien Empiris (C_p)	401
Tabel 4.101 Nilai Modulus Elastisitas Tanah (E_s)	401
Tabel 4.102 Nilai Angka Poisson Tanah (V_s)	401

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Contoh Konfigurasi Sistem Rangka Terbreis Konsentris	13
Gambar 2.2 Contoh Konfigurasi Sistem Rangka Terbreis Eksentris	14
Gambar 2.3 Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2 detik (redaman kritis 5 %).....	18
Gambar 2.4 Parameter gerak tanah, S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1 detik (redaman kritis 5 %).....	19
Gambar 2.5 Peta transisi periode panjang, T_L , wilayah Indonesia.....	21
Gambar 2.6 Respons Spektrum Desain.....	21
Gambar 2.7 Ketidakberaturan Horizontal	25
Gambar 2.8 Ketidakberaturan Vertikal	27
Gambar 2.9 Sambungan baut dengan lubang baut segaris.....	29
Gambar 2.10 Sambungan baut dengan lubang baut tidak segaris.....	29
Gambar 2.11 Mekanisme terjadinya lentur	33
Gambar 2.12 Pelat lantai komposit penghubung geser	36
Gambar 2.13 Lebar Efektif Balok Komposit	37
Gambar 2.14 Distribusi tegangan plastis pada pelat beton dan profil baja.....	37
Gambar 2.15 Penghubung Geser (Shear Connector)	41
Gambar 2.16 Nomogram Faktor panjang Tekuk (K) kolom portal.....	42
Gambar 2.17 Jarak Antar Baut.....	47
Gambar 2.18 Ukuran Maksimum Las.....	48
Gambar 2.19 Ukuran Tahanan Las.....	49
Gambar 2.20 Sambungan Pelat Ujung yang Diperkaku Dengan Delapan Baut (8ES)	50
Gambar 2.21 Sambungan Balok Induk-Balok Anak.....	50
Gambar 2.22 Sambungan Kolom-Kolom	51
Gambar 2.23 Sambungan Bresing.....	51
Gambar 2.24 Base Plate Dengan Gaya Aksial dan Geser	52
Gambar 2.25 Perencanaan Angkur Baut	54

Gambar 2.26 Perencanaan Base Plate	54
Gambar 2.27 Skema Pondasi Tiang Kompak	56
Gambar 2.28 Penulangan Pilecap	57
Gambar 3.1 Lokasi Gedung GBI Ambon.....	58
Gambar 3.2 Portal Memanjang Gedung.....	59
Gambar 3.3 Portal Melintang Gedung	60
Gambar 3.4 Grafik story drift tanpa bresing	60
Gambar 3.5 Grafik P-Delta Tanpa bresing	61
Gambar 3.6 Tampak atas tata letak penempatan Brasing.....	61
Gambar 3.7 Pemasangan brasing pada arah memanjang gedung	62
Gambar 3.8 Pemasangan brasing pada arah melintang gedung	62
Gambar 3.9 Bagan Alir (Flow Chart).....	66
Gambar 4.1 Penampang Balok Profil Baja	69
Gambar 4.2 Penampang Kolom Profil Baja.....	70
Gambar 4.3 Penampang Bresing Profil Baja	71
Gambar 4.4 Keyplan Lantai Dasar Basement	77
Gambar 4.5 Keyplan Lantai Basement 1	80
Gambar 4.6 Keyplan Lantai 1	81
Gambar 4.7 Keyplan Lantai 2	88
Gambar 4.8 Keyplan Lantai 3	95
Gambar 4.9 Keyplan Lantai 4	99
Gambar 4.10 Tributary tipe A	107
Gambar 4.11 Tributary tipe B	108
Gambar 4.12 Tributary tipe C	110
Gambar 4.13 Tributary tipe D	111
Gambar 4.14 Tributary tipe E.....	112
Gambar 4.15 Tributary tipe F.....	113
Gambar 4.16 Percepatan spectrum respons 0,2 detik (S_s)	154
Gambar 4.17 Percepatan spectrum respons 1 detik (S_1)	155
Gambar 4.18 Percepatan spectrum respons 1 detik (S_1).....	155
Gambar 4.19 Input gaya gempa lateral arah sumbu x di User Seismic Load	168

Gambar 4.20 Input gaya gempa lateral arah sumbu y di User Seismic Load	168
Gambar 4.21 Grafik Respond Spectrum Desain	170
Gambar 4.22 Gambar simpangan arah x pada etabs	176
Gambar 4.23 Simpangan arah y pada etabs	177
Gambar 4.24 Ketidakberaturan sudut dalam.....	182
Gambar 4.25 Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma	183
Gambar 4.26 Ketidakberaturan Geometri Vertikal	186
Gambar 4.27 Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	187
Gambar 4.28 Lebar efektif pelat penampang komposit	189
Gambar 4.29 Jarak titik berat penampang.....	190
Gambar 4.30 Garis Netral Balok Komposit.....	191
Gambar 4.31 Lebar efektif pelat penampang komposit	193
Gambar 4.32 Jarak titik berat penampang komposit.....	194
Gambar 4.33 Garis Netral Balok Komposit.....	195
Gambar 4.34 Lebar efektif pelat penampang komposit	197
Gambar 4.35 Jarak Titik Berat Penampang Komposit.....	198
Gambar 4.36 Garis Netral Balok Komposit.....	198
Gambar 4.37 Denah lantai 2 (balok B120 yang ditinjau)	201
Gambar 4.38 Titik berat penampang profil balok induk.....	203
Gambar 4.39 Input balok induk komposit pada ETABS.....	204
Gambar 4.40 Garis netral penampang jatuh dalam badan profil	208
Gambar 4.41 Output Momen Balok B120 pada etabs	209
Gambar 4.42 Garis netral penampang jatuh pada badan profil.....	211
Gambar 4.43 Output Momen Balok B120 pada Etabs.....	212
Gambar 4.44 Output Vgr balok B120 pada etabs	214
Gambar 4.45 Letak pengaku lateral balok	216
Gambar 4.46 Letak stud pada penampang profil Balok Induk (B120).....	220
Gambar 4.47 Output Lendutan Balok Induk (B120) pada etabs.....	220
Gambar 4.48 Denah Balok anak (B37) di lantai 4.....	221
Gambar 4.49 Titik berat penampang profil balok anak.....	223
Gambar 4.50 Input balok induk komposit pada ETABS.....	224

Gambar 4.51 garis netral jatuh pada pelat beton.....	226
Gambar 4.52 Output momen balok anak (B37) pada etabs	226
Gambar 4.53 Output Vgr pada etabs.....	227
Gambar 4.54 Letak pengaku lateral balok anak.....	230
Gambar 4.55 Letak stud pada penampang profil	233
Gambar 4.56 Lendutan balok anak (B37) pada etabs	234
Gambar 4.57 Tampak Potongan dan Letak Kolom Tinjauan	235
Gambar 4.58 Letak Kolom dan Balok yang ditinjau	236
Gambar 4.59 Grafik nomogram struktur bergoyang arah x	237
Gambar 4.60 Grafik nomogram struktur bergoyang arah y	239
Gambar 4.61 Output gaya aksial kolom (C18) pada etabs.....	241
Gambar 4.62 Output Momen kolom (C18) pada Etabs	244
Gambar 4.63 Gaya geser balok dari momen ujung dan beban terdistribusi	246
Gambar 4.64 Potongan dan Letak bresing tinjauan	248
Gambar 4.65 Letak dan jarak antar baut	257
Gambar 4.66 Bidang pelat geser	258
Gambar 4.67 Jarak baut terhadap tarik baut.....	260
Gambar 4.68 Tinjauan sambungan kolom-balok	263
Gambar 4.69 Output sambungan Balok Kolom (Lantai 2 C34-B120)	263
Gambar 4.70 Geometri dan konfigurasi Baut	270
Gambar 4.71 Rencana las balok induk ke pelat ujung	274
Gambar 4.72 Panjang las pada autocad.....	275
Gambar 4.73 Gaya Ffu Menyebabkan Perilaku Lentur Pada Sayap Kolom.....	277
Gambar 4.74 Gaya Ffu Menyebabkan Perilaku Leleh Pada Badan Kolom.....	278
Gambar 4.75 Gaya Ffu Menyebabkan Perilaku Tekuk Pada Badan Kolom.....	279
Gambar 4.76 Gaya Ffu Menyebabkan Perilaku Lipat Pada Badan Kolom	279
Gambar 4.77 Gaya Geser yang Bekerja Pada Zona Panel	280
Gambar 4.78 Ringksanan desain akhir konfigurasi pelat ujung seismic 8ES.....	283
Gambar 4.79 Rencana las sumbu lemah kolom	284
Gambar 4.80 Detail sambungan sumbu lemah kolom pada balok.....	285
Gambar 4.81 Letak penempatan sambungan kolom-kolom	287

Gambar 4.82 Output Etabs 22-sambungan kolom-kolom (Lantai 2 C32)	288
Gambar 4.83 Konfigurasi sambungan pada sayap kolom.....	291
Gambar 4.84 konfigurasi sambungan pada badan kolom	294
Gambar 4.85 Detail konfigurasi sambungan antar kolom	298
Gambar 4.86 Output gaya pada brasing di etabs.....	300
Gambar 4.87 Perencanaan Sambungan Bresing bawah.....	304
Gambar 4.88 Dimensi pelat buhul	305
Gambar 4.89 Proyeksi gaya aksial dan geser pada sambungan.....	306
Gambar 4.90 Detail sambungan kolom balok ke bresing	308
Gambar 4.91 Sambungan bresing – bresing	309
Gambar 4.92 Detail sambungan bresing - bresing	314
Gambar 4.93 Perencanaan Base Plate	315
Gambar 4.94 Notasi dimensi pelat dasar.....	317
Gambar 4.95 Dimensi pelat dasar	317
Gambar 4.96 Dimensi baseplat	320
Gambar 4.97 Panjang las pada autocad.....	321
Gambar 4.98 Detail Baseplate.....	323
Gambar 4.99 Perencanaan kolom pedestal	324
Gambar 4.100 skema d dan d'	326
Gambar 4.101 Jarak antar tulangan.....	327
Gambar 4.102 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang.....	329
Gambar 4.103 Diagram tegangan regangan kondisi seimbang $1.25f_y$	335
Gambar 4.104 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak	340
Gambar 4.105 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik.....	345
Gambar 4.106 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi lentur murni	352
Gambar 4.107 Diagram interaksi Kolom Pedestal terhadap arah x	358
Gambar 4.108 Diagram interaksi Kolom Pedestal terhadap arah y	359
Gambar 4.109 Jarak spasi sengkang terbesar kolom	361
Gambar 4.110 Detail penulangan pada kolom pedestal.....	364
Gambar 4.111 kedalaman pondasi dan nilai SPT	368
Gambar 4.112 Skema pondasi tipe 1	370

Gambar 4.113 Jarak tiang ke tepi pilecap	372
Gambar 4.114 Jarak antar tiang terhadap X dan Y	373
Gambar 4.115 Hubungan η_h dengan Kepadatan Relatif (D_r) Tanah Pasir Pondasi Tipe I	375
Gambar 4.116 Hubungan antara $\mu_u/B^4 \cdot \gamma \cdot K_p$ dan $H_u/K_p \cdot B^3 \cdot \gamma$ Pondasi Tipe 1.	377
Gambar 4.117 Geser pons akibat kolom	379
Gambar 4.118 Gaya reaksi statika pada tiang pancang arah x	384
Gambar 4.119 Gaya reaksi statika pada tiang pancang arah y	392
Gambar 4.120 Hubungan non linear-pondasi tiang pancang	402
Gambar 4.121 Skema pembebanan lentur	403

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_s	= Luas tulangan tarik longitudinal
A_{cp}	= Luas penampang beton
$A_{s, min}$	= Luas minimum tulangan lentur
A_{st}	= Luas tulangan yang diperlukan
A_g	= Luas bruto penampang
b_w	= Lebar komponen struktur lentur (mm)
C_d	= Faktor amplifikasi defleksi sesuai dengan sistem struktur.
C_s	= Koefisien respon seismic
C_t dan x	= Koefisien periode pendekatan
C_u	= Koefisien batas atas pada periode yang dihitung
C_{vx}	= Faktor distribusi vertikal
d	= Tinggi efektif penampang komponen struktur lentur (mm)
E	= Pengaruh beban gempa
E_h	= Pengaruh beban gempa horizontal
E_m	= Pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat lebih
E_{mh}	= Pengaruh beban seismic horizontal termasuk kuat lebih struktur
E_v	= Pengaruh beban seismic vertikal
F_a	= Faktor amplifikasi periode pendek
F_v	= Faktor amplifikasi periode 1 detik
f_c'	= mutu beton
h_i, h_x	= Tinggi dari dasar sampai tinggi i atau x
h_n	= Ketinggian struktur
I_e	= Faktor keutamaan gempa
I_g	= momen inersia penampang bruto beton terhadap garis sumbu tanpa tulangan
K_{tr}	= indeks tulangan transversal
k	= Eksponen yang terkait dengan periode struktur
M^+	= Momen Positif
M^-	= Momen Negatif
M_n	= Momen Nominal

MPR	= Momen Probabilitas
N	= Jumlah tingkat
Pcp	= keliling penampang beton
QE	= Pengaruh gaya gempa horizontal
R	= Faktor modifikasi respons
Sa	= Spektrum respon percepatan desain
S _{D1}	= Percepatan spektral desain untuk periode 1 detik
S _{DS}	= Percepatan Spektral desain untuk periode pendek
S _{M1}	= Percepatan pada periode 1 detik
S _{MS}	= Percepatan pada periode pendek
Ss	= Percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek
S1	= Percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik
T	= Periode fundamental struktur
Ta	= Periode fundamental
TB	= Tidak dibatasi
Tc	= Periode fundamental bangunan dari hasil analisa ETABS
TI	= Tidak diijinkan
Tmax	= Periode maksimum
T ₀	= Periode
T _s	= Periode
V	= Gaya lateral desain total atau geser dasar struktur
Vc	= Kuat geser nominal beton penampang yang ditinjau
Vn	= Kuat geser nominal penampang yang ditinjau
Vs	= Kuat geser nominal tulangan geser pada penampang yang ditinjau
Vu	= Gaya geser terfaktor penampang yang ditinjau
W	= Berat seismic efektif struktur
w _i , w _x	= Bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
Δa	= Simpangan antar lantai tingkat ijin.
Δ _{exa}	= Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan pada tingkat atas.

Δx_b	= Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan pada tingkat bawah.
Δx_e	= defleksi pada lokasi yang disyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastis.
Δx	= Simpangan pada lantai ke-x.
ρ	= Faktor redundansi
ρ'	= nilai rasio tulangan tekan
ρ_g	= Rasio tulangan memanjang
ΣM_{nb}	= jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint
ΣM_{nc}	= jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint
Ψ_e	= faktor pelapisan tulangan
Ψ_s	= faktor ukuran tulangan
Ψ_t	= faktor lokasi tulangan