



**KAJIAN PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS
GEDUNG LABORATORIUM DAN KELAS BERSAMA CDAST
1 UNIVERSITAS JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA**

SKRIPSI

oleh

**Meylinda Dwi Kurniawan
NIM 111910301062**

**PROGRAM STUDI STRATA I
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**KAJIAN PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS
GEDUNG LABORATORIUM DAN KELAS BERSAMA CDAST
1 UNIVERSITAS JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

**Meylinda Dwi Kurniawan
NIM 111910301062**

**PROGRAM STUDI STRATA I
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan kemudahan yang meringankan segala urusan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa syukur mengucapkan Alhamdulillah, saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Sunarjo dan Ibu Darsih, serta semua saudara yang senantiasa mencurahkan kasih sayang serta doa dan dukungannya;
2. Guru-guru saya sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu serta bimbingan dengan penuh kesabaran;
3. Almamater yang saya banggakan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

"Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu, dan boleh jadi kamu menyukai sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu, Allah maha mengetahui, sedang kamu tidak."

(QS. Al-Baqarah: 216)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meylinda Dwi Kurniawan

NIM : 111910301062

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kajian Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Kelas Bersama CDAST 1 Universitas Jember Menggunakan Struktur Baja” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Januari 2018

Yang menyatakan

Meylinda Dwi Kurniawan

111910301062

SKRIPSI

**KAJIAN PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS BERSAMA CDAST 1 UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA**

Oleh

Meylinda Dwi Kurniawan

NIM 111910301062

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Hernu Suyoso, MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Kelas Bersama CDAST 1 Universitas Jember Menggunakan Struktur Baja” telah diuji dan disahkan oleh Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 30 Januari 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Utama,



Ir. Hernu Suyoso, MT.
NIP 19551112 198702 1 001

Dosen Pembimbing Anggota,



Nanin Meyfa Utami, ST., MT.
NIP 760014641

Dosen Penguji Utama,



Dwi Nurtanto ST., MT.
NIP 19731015 199802 1 001

Dosen Penguji Anggota,



Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT.
NIP 19700530 199803 2 001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215/199503 2 001

RINGKASAN

Kajian Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Kelas Bersama CDAST 1 Universitas Jember Menggunakan Struktur Baja; Meylinda Dwi Kurniawan, 111910301062; 2018: 126 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Gedung Laboratorium dan Kelas Bersama *Center for Development of Advanced Science and Technology* atau yang dikenal dengan sebutan CDAST 1 milik Universitas Jember merupakan gedung yang direncanakan berfungsi sebagai fasilitas laboratorium bersama yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh sivitas akademik di Universitas Jember dalam mengembangkan ilmu dan teknologi. Gedung ini dibangun dengan menggunakan struktur beton dimana dimensi struktur cukup besar, sehingga mengurangi luasan ruangan dari gedung itu sendiri. Berdasarkan pertimbangan tersebut peneliti mencoba melakukan kajian tentang perencanaan ulang struktur atas gedung laboratorium dan kelas bersama CDAST 1 menggunakan baja sebagai struktur utama. Tujuan lain dari penelitian ini adalah sebagai penerapan dan pembelajaran dalam merencanakan bangunan gedung tahan gempa menggunakan struktur baja. Meskipun bahan material baja lebih mahal, akan tetapi terdapat beberapa kelebihan yang dapat dijadikan pertimbangan, diantaranya material baja mempunyai kekuatan yang tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta berat sendiri dari struktur, mempunyai unsur penyusun material yang cenderung seragam / homogen serta memiliki tingkat keawetan yang lebih tinggi, daktilitas baja cukup tinggi yakni mampu berdeformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik tinggi sebelum mengalami keruntuhan, proses instalasi di lapangan berlangsung dengan cepat, serta struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang relatif mudah. Berdasarkan uraian masalah yang telah dijabarkan, maka rumusan masalah yang didapatkan adalah bagaimana perencanaan struktur atas gedung CDAST 1 menggunakan struktur baja dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus?

Pada tahap awal perencanaan gedung tahan gempa adalah penentuan sistem struktur penahan gempa. Tahapan penentuan sistem struktur penahan gempa adalah sebagai berikut; tahap pertama adalah penentuan pengaruh gempa (gempa statis atau dinamis) berdasarkan konfigurasi gedung, tahap kedua adalah penentuan kategori desain seismik berdasarkan nilai parameter respon percepatan dari pengaruh gempa, dan tahap terakhir adalah penentuan sistem struktur penahan gempa berdasarkan kategori desain seismik. Sistem struktur penahan gempa yang sesuai untuk Gedung CDAST 1 berdasarkan SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung adalah sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Perencanaan struktur baja berdasarkan SNI 1729-2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural dimana struktur baja harus memenuhi syarat untuk perencanaan gedung tahan gempa untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dalam hal kekuatan, kekakuan, spesifikasi bahan, dan simpangan (defleksi). Syarat kekuatan mengacu pada metode LRFD, dimana setiap komponen struktur mampu menahan reaksi beban yang bekerja pada gedung. Syarat kekakuan (stabilitas penampang kompak), dimana setiap komponen struktur diperhitungkan mampu menahan tekuk lokal (untuk sayap dan badan profil) dan mampu menahan tekuk lateral akibat geser dan torsi. Syarat spesifikasi bahan, dimana bahan yang digunakan berdaktilitas tinggi sehingga mampu berderformasi cukup besar tanpa mengalami fraktur. Syarat simpangan (defleksi), dimana gedung mampu menahan gaya lateral yang besar akibat gempa sehingga tidak terjadi guling.

Hasil analisis dan desain gedung CDAST 1 didapat kolom 1 (K1) menggunakan profil WF 400.400.20.35, kolom 2 (K2) menggunakan profil WF 250.250.14.14, balok induk (BI) menggunakan profil WF 400.300.10.16, balok anak 1 (BA1) menggunakan profil WF 350.250.9.14, balok anak 2 (BA2) menggunakan profil WF 250.175.7.11, dan balok anak 3 (BA3) menggunakan profil WF 200.150.6.9. Sambungan untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang digunakan adalah *Four Bolt Extended Stiffened End-Plate* (sambungan plat ujung diperluas dengan empat baut) yang mengacu pada

peraturan AISC 358-16 “*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*”.



SUMMARY

Study of Redesign Upper Structure of Laboratory and CDAST 1 Joint Classroom Building University of Jember Using Steel Structure; Meylinda Dwi Kurniawan, 111910301062; 2018: 126 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Laboratory building and Joint Class of Center for Development of Advanced Science and Technology or known as CDAST 1 University of Jember is a building which is planned to function as a joint laboratory facilities for all academic community at the University of Jember in developing science and technology. The building was built using a concrete structure with a large dimensions of the structure, so it takes up some space of the room from the building itself. Based on these considerations, the researcher tried to conduct a redesign upper structure of laboratory and CDAST 1 joint classroom building University of Jember using steel as the main structure. Other purpose of this research is as an application and learning in planning earthquake-resistant building using steel structure. Although steel material is quite expensive, it has more advantages to be considered; it has a superior strength that can reduce the size of the structure and the weight of the structure itself, it has a material element that tends to be homogeneous and has a higher level of durability, a high ductility to greatly under the influence of high tensile stress before collapsing, quick installation process in the field, and the resulting structure is permanent with relatively easy maintenance. Based on the description of the problem, then the research problems obtained is how to plan the upper structure of CDAST 1 building using steel structures with Special Moment Resisting Frame method?

In the early stages of earthquake-resistant building planning is the determination of earthquake-resistant structural system. The determination stage of earthquake-resistant structural system is as follows; the first stage is the determination of the effects of earthquakes (static or dynamic earthquake) based on the building configuration, the second stage is the determination of seismic design category based on the parameter of acceleration response of earthquake

effects, and the last stage is the determination of earthquake-resisting structural system based on seismic design category. The earthquake-resistant structural system suitable for CDAS 1 Building based on SNI 1726-2012 on the procedure for earthquake-resistance planning for buildings and non-building structures is special moment resisting frame (SRPMK). Steel structure planning based on SNI 1729-2015 on the specifications for structural steel building where steel structures must be qualified for earthquake-resistant building planning for special moment resisting frame system (SRPMK) in terms of strength, toughness, material specifications, and deflection. Strength requirements refer to the LRFD method, in which each structural component is able to withstand the load reaction acting on the building. Toughness requirements (stability of compact cross-sections), in which each structural component is calculated capable of withstanding local buckling (for wings and profile bodies) and able to withstand lateral buckling due to shear and torsion. Material specification requirements, where the material used is high in ductility so it can greatly deform without fracture. Deflection requirements, where the building is able to withstand high lateral force due to earthquake so it will not collapse.

The result of CDAST 1 building analysis and design was column 1 (K1) using WF 400.400.20.35 profile, column 2 (K2) using WF 250.250.14.14 profile, main beam (BI) using WF 400.300.10.16 profile, second beam 1 (BA1) using WF 350.250.9.14 profile, second beam 2 (BA2) using WF 250.175.7.11 profile, and second beam 3 (BA3) using WF 200.150.6.9 profile. The connection for a special moment resisting frame system (SRPMK) used is the Four Bolt Extended Stiffened End-Plate referring to the AISC regulation of 358-16 "Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications".

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Kajian Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium dan Kelas Bersama CDAST 1 Universitas Jember Menggunakan Struktur Baja”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir Entin Hidayah, M.U.M. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
3. Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Ir. Krisnamurti, MT. dan Sri Wahyuni, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik selama saya menjadi mahasiswa.
5. Ir. Hernu Suyoso, MT. selaku dosen pembimbing utama dan Nanin Meyfa Utami, ST., MT. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
6. Dwi Nurtanto, ST., MT. dan Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT. selaku tim penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua saya bapak Sunarjo dan Ibu Darsih yang senantiasa memberikan kasih sayang serta doanya.

8. Sahabat-sahabat, Albar, Rizal, Risky, Eka, Yoga, Sabiq, Fery, Fuad, Tari, Siska dan Kadek serta kepada seluruh teman seperjuangan teknik sipil angkatan 2011 yang telah menghibur dan memberikan dukungannya.
9. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas doa dan dukungannya.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan doa yang telah mereka berikan, mendapat imbalan dari Allah SWT. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMANMOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL.....	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Material Baja	6
2.2 Peraturan Perencanaan.....	7
2.3 Pembebanan.....	7
2.3.1 Beban Mati (D).....	7

2.3.2 Beban Hidup (L).....	8
2.3.3 Beban Hujan (R).....	8
2.3.4 Beban Angin (W)	9
2.3.5 Beban Gempa (E).....	11
2.3.6 Kombinasi Pembebanan.....	14
2.4 Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD	15
2.5 Penentuan Tipe Gempa Rencana	15
2.6 Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Metode SRPMK.....	17
2.6.1 Pemilihan Sistem Struktur Penahan Gempa.....	18
2.6.2 Faktor Perbesaran Struktur SRPMK	19
2.6.3 Kontrol Batas Simpangan	20
2.7 Perencanaan Elemen Struktur.....	21
2.7.1 Perencanaan Pelat Lantai	24
2.7.2 Perencanaan Tangga.....	32
2.7.3 Perencanaan Balok	34
2.7.4 Perencanaan Kolom.....	40
2.7.5 Perencanaan Sambungan.....	47
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	56
3.1 Data Perencanaan.....	56
3.2 Metodologi Perencanaan	56
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
4.1 Pemilihan Sistem Struktur Penahan Gempa.....	61
4.1.1 Penentuan Konfigurasi Gedung	61
4.1.2 Penentuan Pengaruh gempa	61
4.1.3 Penentuan Kategori Desain Seismik	63
4.1.4 Pemilihan Sistem Struktur Penahan Gempa.....	63
4.1.5 Perbesaran Sistem Struktur Penahan Gempa SRPMK.....	64

4.2 Perencanaan Pelat Lantai	65
4.2.1 Penentuan tebal pelat asumsi.....	66
4.2.2 Perhitungan beban	71
4.2.3 Analisa statika pelat	72
4.2.4 Penulangan pelat lantai.....	72
4.2.5 Kontrol lendutan pelat.....	77
4.3 Perencanaan Tangga	78
4.3.1 Perencanaan anak tangga	79
4.3.2 Pembebanan pada tangga	80
4.3.3 Pembebanan pada bordes	80
4.3.4 Analisa statika tangga.....	80
4.3.5 Penulangan pelat tangga.....	81
4.3.6 Penulangan pelat bordes.....	83
4.4 Pembebanan.....	87
4.4.1 Beban angin.....	87
4.4.2 Beban gempa.....	89
4.4.3 Pembebanan pelat.....	89
4.4.4 Beban material.....	89
4.4.5 Beban dinding dan tangga.....	90
4.4.6 Beban lift.....	91
4.5 Analisa Gaya Dalam	93
4.6 Kontrol simpangan antar lantai tingkat.....	94
4.7 Perencanaan Balok.....	95
4.7.1 Data profil WF 400.300.10.16	95
4.7.2 Kontrol kelangsingan penampang profil	96
4.7.3 Kontrol geser pada balok.....	97
4.7.4 Kontrol momen lentur pada balok komposit.....	98

4.7.5 Kontrol lendutan pada balok komposit	101
4.7.6 Kontrol pada balok terhadap interaksi lentur dan geser	103
4.7.7 Perencanaan penghubung geser	104
4.8 Perencanaan Kolom	106
4.8.1 Data profil WF 400.400.20.35	106
4.8.2 Kontrol kelangsingan penampang profil	106
4.8.3 Kontrol geser pada kolom	107
4.8.4 Panjang tekuk (k)	108
4.8.5 Kontrol tekuk aksial	110
4.8.6 Kontrol tekuk kombinasi lentur dan aksial	111
4.9 Perencanaan Sambungan Balok-Kolom	115
4.9.1 Momen di muka pelat (M _f)	115
4.9.2 Konfigurasi sambungan.....	115
4.9.3 Diameter baut perlu.....	116
4.9.4 Pelat ujung dan pelat pengaku.....	116
4.9.5 Kontrol tahanan tumpu baut.....	117
4.9.6 Kontrol kuat geser di ujung pelat dan muka kolom	118
4.9.7 Rasio momen pelat ujung.....	118
4.10 Sambungan Balok – Balok	119
4.10.1 Data perencanaan:	119
4.10.2 Tahanan tumpu baut dan geser baut.....	119
4.10.3 Perhitungan jumlah baut.....	120
4.10.4 Konfigurasi perencanaan sambungan.....	120
4.10.5 Kontrol geser blok.....	121
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	123
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran	124

DAFTAR PUSTAKA	125
LAMPIRAN	127
Gambar 3D Gedung CDAST 1	127
Denah Lantai 1	128
Denah Lantai 2 & 3	129
Denah Lantai 4	130
Denah Lantai 5-8	131
Denah Lantai Atap	132
Tampak Depan	133
Tampak Samping	134
Tampak Belakang	135
Potongan 1	136
Potongan 2 & 3	137
Denah Kolom Tipikal	138
Denah Balok Lantai 2-4	139
Denah Balok Lantai 5-8	140
Denah Balok Atap	141
Detail Penghubung Geser Balok Induk (BI) & Balok Anak 1 (BA1)	142
Detail Penghubung Geser BA2 & BA3	143
Denah Pelat	144
Detail Penulangan Pelat A, B, C & D	145
Detail Penulangan Pelat E & F	146
Detail Penulangan Pelat G, H, I & J	147
Denah Tangga Utama Tipikal	148
Potongan A & B Tangga Utama	149
Detail Potongan B Tangga Utama	150
Denah & Detail Penulangan Tangga Utama	151

Denah Tangga Samping Tipikal	152
Potongan B & C Tangga Samping	153
Detail Potongan A Tangga Samping	154
Denah & Detail Penulangan Tangga Samping	155
Denah Tipikal Lift Penumpang	156
Tampak & Denah Ruang Mesin Lift Penumpang	157
Denah Tipikal Lift Servis	158
Tampak & Denah Ruang Mesin Lift Servis	159
Sambungan Kolom 1 (K1) - Balok Induk (BI)	160
Sambungan Kolom 1 (K1) - Balok Anak 1 (BA1)	161
Sambungan Kolom 1 (K1) - Balok Anak 2 (BA2)	162
Sambungan Kolom 2 (K2) - Balok Anak 3 (BA3)	163
Sambungan Antar Balok	164

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Lokasi Gedung CDAST Universitas Jember	4
Gambar 2.2 Struktur gedung untuk kolom kuat dan kolom lemah	17
Gambar 2.3 Lebar efektif balok komposit	25
Gambar 2.4 Model struktur tangga	33
Gambar 2.5 Sumbu netral penampang balok komposit	35
Gambar 2.6 Sumbu netral plastis jatuh pada beton.....	36
Gambar 2.7 Sumbu netral plastis jatuh pada profil.....	37
Gambar 2.8 Besar lendutan pada beberapa jenis pembebanan balok	39
Gambar 2.9 Penghubung geser tipe stud.....	39
Gambar 2.10 (a) Portal kaku bergoyang dan (b) tak bergoyang	42
Gambar 2.11 Nomogram faktor panjang tekuk, k	42
Gambar 2.12 Variasi nilai C_m pada berbagai pembebanan.....	45
Gambar 2.13 Desain sambungan balok-kolom SRPMK	48
Gambar 2.14 keruntuhan geser blok	54
Gambar 2.15 Tata letak baut	55
Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan	60
Gambar 4.1 Coakan sudut gedung cdastr 1	61
Gambar 4.2 Grafik desain spektra wilayah jember.....	63
Gambar 4.3 Denah pelat lantai 2-4	66
Gambar 4.4 Sketsa balok L A-B	67
Gambar 4.5 Sketsa balok L 1-2.....	68
Gambar 4.6 Sketsa balok T 1-2.....	69
Gambar 4.7 Sketsa balok T A-B	70
Gambar 4.8 Penulangan pelat tipe A	76
Gambar 4.9 Tampak atas dan potongan melintang tangga utama	79
Gambar 4.10 Penulangan tangga utama.....	86
Gambar 4.11 Potongan melintang tangga utama	86

Gambar 4.12 Data beban angin.....	88
Gambar 4.13 Data pembebanan pelat atap pada Sap2000 v14.....	89
Gambar 4.14 Data define material BI pada Sap2000 v14.....	90
Gambar 4.15 Data define material BI pada Sap2000 v14.....	90
Gambar 4.16 Denah letak lift.....	91
Gambar 4.17 Tampak atas lift tipe YJ160.....	92
Gambar 4.18 Tampak atas lift tipe YJ240.....	93
Gambar 4.19 Penempatan stud pada balok.....	105
Gambar 4.20 Struktur portal gedung.....	108
Gambar 4.21 Nomogram faktor panjang tekuk (k).....	109

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Koefisien arah angin	9
Tabel 2.2 Koefisien tekanan internal	11
Tabel 2.3 Faktor keutamaan gempa	14
Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter SDS.....	18
Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter SD1	18
Tabel 2.6 Faktor R, Cd dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa	19
Tabel 2.7 Simpangan antar lantai ijin, Δ_a	21
Tabel 2.8 Rasio tebal terhadap lebar: elemen tekan penahan tekan aksial	22
Tabel 2.9 Rasio tebal terhadap lebar: elemen tekan penahan lentur	22
Tabel 2.10 Tebal minimum pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.....	26
Tabel 2.11 Tebal minimum pelat tanpa balok interior	27
Tabel 2.12 Momen di dalam pelat persegi	28
Tabel 2.13 Tebal selimut beton minimum	29
Tabel 2.14 Batas lendutan pelat ijin	30
Tabel 2.15 Ketentuan sudut kemiringan tangga.....	33
Tabel 2.16 Pemilihan profil untuk komponen struktur lentur.....	34
Tabel 2.17 Batas lendutan maksimum	38
Tabel 2.18 Pemilihan profil untuk komponen struktur tekan	41
Tabel 2.19 Konfigurasi sambungan balok-kolom SRPMK	49
Tabel 2.20 Kekuatan nominal pengencang dan bagian berulir, ksi (MPa)	52
Tabel 2.21 Jarak tepi minimum dari pusat lubang ke ujung pelat	54
Tabel 4.1 Data spektra wilayah jember.....	62
Tabel 4.2 Periode-frekuensi spektra.....	62
Tabel 4.3 interpolasi rasio bentang terpanjang dan terpendek.....	72
Tabel 4.4 Rekapitulasi penulangan pelat untuk semua tipe pelat	76
Tabel 4.5 Rekapitulasi penulangan pelat untuk semua tipe pelat	78
Tabel 4.6 Rekapitulasi kebutuhan anak tangga untuk semua tipe tangga.....	79

Tabel 4.7 Rekapitulasi penulangan pelat tangga.....	86
Tabel 4.8 Prakiraan cuaca propinsi Jawa Timur	87
Tabel 4.9 Gaya dalam maksimum pada komponen struktur.....	93
Tabel 4.10 Kontrol simpangan antar lantai tingkat dalam arah x	94
Tabel 4.11 Kontrol simpangan antar lantai tingkat dalam arah y	94
Tabel 4.12 Kontrol penampang profil untuk semua tipe balok.....	97
Tabel 4.13 Kontrol geser untuk semua tipe balok.....	98
Tabel 4.14 Tabel rekapitulasi kontrol momen lentur positif.....	99
Tabel 4.15 Letak garis kerja gaya (Cs)	100
Tabel 4.16 Tabel rekapitulasi kontrol momen lentur negatif.....	100
Tabel 4.17 Tabel rekapitulasi kontrol momen lentur negatif.....	101
Tabel 4.18 Tabel rekapitulasi kontrol momen lentur negatif.....	101
Tabel 4.19 Tabel rekapitulasi kontrol lendutan.....	103
Tabel 4.20 Tabel rekapitulasi kontrol interaksi lentur dan geser	104
Tabel 4.21 Kebutuhan penghubung geser (stud) untuk semua tipe balok	105
Tabel 4.22 Kontrol penampang profil untuk semua tipe kolom	107
Tabel 4.23 Faktor kekakuan elemen	108
Tabel 4.24 Faktor G tiap joint	109
Tabel 4.25 Faktor panjang efektif (k) kolom	109
Tabel 4.26 Kontrol tekan aksial untuk semua tipe kolom.....	111
Tabel 4.27 Kontrol kombinasi lentur dan aksial untuk semua tipe kolom	114
Tabel 4.28 Konfigurasi sambungan balok-kolom.....	115
Tabel 4.29 Rekapitulasi tata letak baut	116
Tabel 4.30 Rekapitulasi diameter baut.....	116
Tabel 4.31 Rekapitulasi pelat ujung dan pelat pengaku.....	117
Tabel 4.32 Rekapitulasi tahanan tumpu baut	118
Tabel 4.33 Rekapitulasi kuat geser di ujung pelat dan muka kolom	118
Tabel 4.34 Rekapitulasi rasio momen pelat ujung.....	119
Tabel 4.35 Rekapitulasi tahanan tumpu dan geser baut.....	120
Tabel 4.36 Rekapitulasi jumlah baut perlu	120
Tabel 4.37 Rekapitulasi konfigurasi sambungan	121

Tabel 4.38 Rekapitulasi kontrol geser blok 122



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukan baik yang ada di atas permukaan tanah, di bawah tanah dan di air. Bangunan biasanya disebut dengan rumah, gedung ataupun segala sarana, prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya seperti halnya jembatan, jalan, gedung, sarana umum, dan lain-lain. Konstruksi merupakan suatu kegiatan membangun sarana maupun prasarana, sehingga konstruksi bangunan merupakan kegiatan membangun bahan bangunan yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat menahan beban dan menentukan pola bangunan. Konstruksi bangunan diterapkan sebaik mungkin untuk mengurangi resiko kegagalan bangunan, dengan konstruksi bangunan yang kokoh maka bangunan yang dihasilkan akan semakin aman untuk digunakan.

Seorang perencana yang baik adalah seorang yang merencanakan suatu bangunan menggunakan metode yang paling efisien dengan memperhatikan aspek keamanan bangunan, biaya dan waktu. Salah satu aspek penting dalam merencanakan suatu bangunan ialah pemilihan material bangunan dan alat yang digunakan sesuai dengan kondisi dan situasi lokasi pembangunan. Jenis material yang sering digunakan untuk gedung bertingkat adalah beton bertulang, baja, kayu dan material lainnya dimana setiap material mempunyai perlakuan dan metode yang berbeda dalam pelaksanaan di lapangan.

Menurut setiawan (2008), baja merupakan perpaduan antara besi dan karbon yang mempunyai kelebihan kekuatan memikul gaya tarik dan tekan yang tinggi tanpa membutuhkan volume yang besar. Selain itu pemasangan baja di lapangan relatif mudah dan cepat, sehingga baja mulai digemari dalam bidang konstruksi dan menjadi salah satu material yang paling umum ditemui dilapangan, khususnya dalam konstruksi-konstruksi besar.

Proyek pembangunan gedung laboratorium dan kelas bersama *Center for Development of Advanced Science and Technology* atau yang dikenal dengan sebutan CDAST 1 milik Universitas Jember merupakan proyek pembangunan gedung yang direncanakan berfungsi sebagai fasilitas laboratorium bersama yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh sivitas akademik di Universitas Jember dalam mengembangkan ilmu dan teknologi. Struktur atas gedung berlantai 8 ditambah atap ini direncanakan menggunakan beton bertulang.

Pemahaman tentang ilmu rekayasa tidak cukup hanya dengan mempelajari teori dan membaca literatur saja, tapi diperlukan juga suatu penerapan. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti mencoba melakukan kajian tentang perencanaan ulang struktur atas gedung laboratorium dan kelas bersama CDAST 1 menggunakan baja sebagai struktur utama, untuk penerapan dan sebagai pembelajaran dalam merencanakan bangunan gedung menggunakan material baja. Meskipun bahan material baja lebih mahal tetapi terdapat beberapa kelebihan yang dapat dijadikan pertimbangan. Standar perencanaan struktur baja berpedoman pada metode LRFD dan SNI 1729-2015. Untuk perencanaan terhadap beban gempa menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang berpedoman pada SNI 1726-2012.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari uraian diatas adalah bagaimana perencanaan struktur atas gedung CDAST 1 menggunakan struktur baja dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah untuk merencanakan struktur atas gedung CDAST 1 menggunakan struktur baja dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

1.4 Manfaat

Manfaat dari kajian perencanaan ulang gedung CDAST 1 ini adalah sebagai kajian dalam merencanakan struktur atas gedung menggunakan struktur baja dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut:

1. Standar perencanaan struktur baja berpedoman pada metode LRFD dan SNI 1729-2015.
2. Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727-2013.
3. Pembebanan gempa dihitung berdasarkan SNI-1726-2012 dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.
4. Standar perencanaan struktur beton beton untuk pelat dan tangga berdasarkan SNI 2847-2013.
5. Standar perencanaan sambungan sistem rangka pemikul momen khusus berdasarkan AISC 358-16.
6. Perencanaan termasuk struktur atas gedung, plat lantai, tangga dan lift.
7. Perencanaan struktur hanya memperhatikan aspek keamanan.
8. Beban yang bekerja pada struktur adalah beban gravitasi, hujan, angin dan gempa.
9. Jumlah lantai 8 ditambah atap.
10. Fungsi bangunan adalah sebagai laboratorium dan kelas bersama serta atap difungsikan untuk green house.
11. Gedung terletak di jember dengan wilayah gempa 4 pada jenis tanah sedang.

BAB 2. LANDASAN TEORI

CDAST yang merupakan kepanjangan dari *Center for Development of Advanced Science and Technology* adalah gedung yang direncanakan berfungsi sebagai fasilitas laboratorium dan kelas bersama yang dapat dimanfaatkan oleh seluruh sivitas akademik di Universitas Jember dalam mengembangkan ilmu dan teknologi. Gedung CDAST 1 berlokasi di lingkungan kampus Universitas Jember yang diharapkan menjadi pusat penelitian dan ilmu teknologi. Berikut adalah lokasi gedung CDAST 1 Universitas Jember.



Gambar 2.1 Lokasi Gedung CDAST Universitas Jember

Pembangunan gedung Laboratorium CDAST 1 mempunyai visi dan misi sebagai berikut:

Visi: Menjadi pusat pengembangan ilmu dan teknologi unggulan bertaraf internasional yang berwawasan lingkungan dan agroindustri serta mampu berperan aktif dalam pembangunan bangsa melalui proses penelitian, pendidikan dan pengabdian masyarakat.

- Misi:
1. Melaksanakan penelitian dibidang *advanced science and technology* guna mendukung UNEJ sebagai perguruan tinggi berbasis riset (*Research University*).
 2. Meningkatkan kemampuan dan kualitas peneliti (SDM) yang profesional dan berkarakter melalui penelitian dan pendidikan.
 3. Menyediakan fasilitas penelitian bersama (*joint-use facility*) antar unit di lingkungan universitas dan lembaga lain.
 4. Memberikan jasa pelayanan untuk penelitian dan pengembangan *advanced science and technology* serta bidang-bidang kajian yang terkait untuk bisa memberikan solusi penyelesaian masalah yang ada di masyarakat.
 5. Melakukan kerjasama pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan institusi terkait tingkat nasional dan international, serta dengan program studi strata 2 dan 3 (Magister dan Doktoral) yang ada di lingkungan Universitas Jember.

Tujuan dibangunnya gedung Laboratorium CDAST adalah agar bisa:

1. Menyelenggarakan penelitian dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi unggul.
2. Menghasilkan publikasi ilmiah, HaKI, prototipe dan produk yang berskala nasional dan international.
3. Menghasilkan SDM peneliti yang professional dan berkualitas.
4. Membentuk jaringan penelitian inter- dan intra-universitas serta lembaga lain pada tingkat nasional dan internasional.
5. Membantu pengembangan dan pelaksanaan pendidikan pada tingkat strata 2 dan strata 3 (Magister dan Doktoral) di lingkungan Universitas Jember.
6. Menghasilkan jasa layanan yang terstandard.

Pengembangan CDAST 1 diharapkan menjadi salah satu *center of excelent* (pusat unggulan) bagi Universitas Jember dalam mengembangkan ilmu dan teknologi yang strategis secara interdisipliner, sentralistik dan terpadu. CDAST 1 juga akan berfungsi sebagai fasilitas laboratorium bersama yang dapat

dimanfaatkan oleh seluruh sivitas akademik di Universitas Jember. Hal ini dirancang untuk dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam menggunakan peralatan laboratorium dan fasilitas lainnya.

2.1 Material Baja

Menurut Setiawan (2008:16), baja merupakan perpaduan antara besi dan karbon. Material baja mengandung kadar karbon yang lebih sedikit daripada besi tuang, dan mulai digunakan dalam konstruksi-konstruksi berat.

Beberapa keunggulan baja yang menjadikan dasar pemilihannya sebagai struktur utama bangunan adalah sebagai berikut:

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta berat sendiri dari struktur.
2. Mempunyai unsur penyusun material yang cenderung seragam / homogen serta memiliki tingkat keawetan yang lebih tinggi.
3. Daktilitas baja cukup tinggi yakni mampu berdeformasi yang besar dibawah pengaruh tegangan tarik tinggi sebelum mengalami keruntuhan.
4. Proses pemasangan di lapangan berlangsung dengan cepat.
5. Struktur yang dihasilkan bersifat permanen dengan cara pemeliharaan yang relatif mudah.

Disamping keunggulan tersebut, struktur baja juga mempunyai kekurangan sebagai berikut:

1. Komponen-komponen struktur yang terbuat dari bahan baja perlu diusahakan agar tahan api sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk bahaya kebakaran.
2. Diperlukan perhatian besar menyangkut pemeliharaan untuk mencegah baja dari bahaya karat.
3. Permasalahan tekuk menyangkut kelangsingan penampang.
4. Kesulitan dalam hal mendatangkan material.

2.2 Peraturan Perencanaan

Peraturan yang digunakan dalam mendesain adalah sebagai berikut:

1. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727-2013.
2. Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, SNI 1729-2015.
3. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-1729-2002.
4. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1726-2012.
5. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1726-2002.
6. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847-2013.
7. Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, AISC 358-16.

2.3 Pembebanan

Pembebanan yang ditinjau adalah pembebanan akibat beban tetap dan beban sementara. Beban tetap terdiri atas beban mati dan beban hidup, sedangkan beban sementara yang digunakan adalah beban angin dan beban gempa.

2.3.1 Beban Mati (D)

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 3.1.1, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, dan komponen arsitektural dan struktural lainnya. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung yang direncanakan berdasarkan PPIUG-1983, adalah sebagai berikut:

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| a. Beton bertulang | = 2400 kg/m ³ |
| b. Baja | = 7850 kg/m ³ |
| c. Plafond dan penggantung | = 18 kg/m ² |
| d. Keramik | = 24 kg/m ² |
| e. Spesi per cm tebal | = 21 kg/m ² |

Gedung laboratorium CDAST direncanakan menggunakan pasangan batu bata ringan, maka beban mati dari pasangan batu bata ringan adalah (laksono, 2012):

$$f. \text{ Pasangan batu bata ringan} = 110 \text{ kg/m}^2$$

2.3.2 Beban Hidup (L)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung, termasuk beban dari bahan-bahan yang dapat berpindah, beban mesin, dan peralatan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa guna gedung, sehingga menyebabkan penambahan pembebanan lantai. Beban hidup gedung yang direncanakan berdasarkan SNI 1727-2013 tabel 4-1, adalah sebagai berikut:

a. Ruang pertemuan	= 479 kg/m ²
b. Koridor	= 479 kg/m ²
c. Tangga dan jalan keluar	= 479 kg/m ²
d. Ruang operasi, laboratorium	= 287 kg/m ²
e. Atap digunakan untuk taman atap	= 479 kg/m ²

2.3.3 Beban Hujan (R)

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya.

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 8.3, beban air hujan (kN/m²) pada atap gedung dihitung sebagai berikut:

$$R = 0,0098 \cdot (d_s + d_h) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

d_s = kedalaman air pada atap yang meningkat ke lubang sistem drainase sekunder, mm.

d_h = tambahan kedalaman air pada atap di atas lubang masuk sistem drainase sekunder, mm.

2.3.4 Beban Angin (W)

Parameter yang digunakan dalam penentuan beban angin yang bekerja pada gedung menurut SNI 1727-2013 pasal 26 adalah sebagai berikut;

a. Kecapatan angin dasar (V)

Kecepatan angin dasar merupakan kecepatan angin rata-rata yang terjadi setiap periode pada suatu wilayah.

b. Faktor arah angin (K_d)

Faktor arah angin harus ditentukan sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.6, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Koefisien arah angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin, K_d
Bangunan gedung	
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan klading bangunan gedung	0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki, dan struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal	
berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber: SNI 1727-2013, pasal 26.6.

c. Kategori eksposur

Eksposur arah angin ditentukan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi dan fasilitas bangunan. Berikut kategori kekasaran permukaan tanah sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.7.2:

1. Kekasaran permukaan tanah B

Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan atau daerah lain dengan penghalang jarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga tunggal atau lebih besar.

2. Kekasaran permukaan tanah C

Daerah dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 9,1m. Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

3. Kekasaran permukaan tanah D

Area datar, area tidak terhalang. Kategori ini berisi lumpur halus, padang garam dan es tak terputus.

- d. Faktor pengaruh tiupan angin

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.9.1 boleh diambil faktor nilai sebesar 0,85.

- e. Klasifikasi ketertutupan

Penentuan koefisien tekanan internal, semua bangunan gedung harus diklasifikasikan sebagai bangunan tertutup, tertutup sebagian atau terbuka. Berikut definisi dari masing-masing klasifikasi gedung sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.2:

1. Gedung tertutup

Gedung tertutup adalah bangunan yang tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka atau tertutup sebagian.

2. Gedung tertutup sebagian

Gedung tertutup sebagian adalah bangunan dimana luas bukaan dinding yang menerima tekanan angin positif (arah angin datang) tidak boleh melebihi 20% dari luas total bangunan gedung (dinding dan atap).

3. Gedung terbuka

Gedung terbuka adalah bangunan gedung dengan dinding setidaknya 80% terbuka.

f. Koefisien tekan internal

Koefisien tekan internal ditentukan menggunakan tabel berikut sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.11:

Tabel 2.2 Koefisien tekanan internal

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	$\pm 0,55$
Bangunan gedung tertutup	$\pm 0,18$

Sumber: SNI 1727-2013, pasal 26.11.

2.3.5 Beban Gempa (E)

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.4.1, pengaruh beban gempa adalah gaya elemen struktur aksial, geser, dan lentur yang dihasilkan dari penerapan gaya gempa horizontal dan vertikal. Setiap perencanaan gedung struktur bertingkat harus diperhitungkan terhadap beban gempa. Beban gempa yang ditinjau adalah beban gempa yang bekerja dalam arah X dan arah Y. Analisis struktur untuk pengaruh gempa bumi harus berdasarkan studi respon struktur terhadap gerakan tanah akibat gempa.

Respons struktur akibat gempa yang terjadi dapat dianalisis dengan analisis beban gempa yang sesuai peraturan yang berlaku. Analisis beban gempa dapat dilakukan dengan analisis statik ekuivalen, analisis spektrum respons, dan analisis riwayat waktu (Time History).

Menurut Nasution (2014), analisis riwayat waktu (Time History) merupakan metode yang paling mendekati untuk meramalkan respons parameter dari struktur akibat gempa. Karena untuk melakukan analisis riwayat waktu (Time History) diperlukan banyak perhitungan dan waktu yang cukup lama, sehingga untuk penyederhanaan dari alasan tersebut, para ahli menjadikan efek beban dinamik oleh gempa menjadi gaya statik horizontal yang bekerja pada pusat massa, yang disebut dengan analisis statik ekuivalen. Analisis statik ekuivalen yaitu suatu analisis yang hanya memperhatikan ragam getar mode / ragam pertama. Ragam mode pertama tersebut dapat dianggap mengikuti garis lurus (tidak lagi garis lengkung).

Respons struktur akibat gempa sangat dipengaruhi oleh bentuk bangunan itu sendiri. Bangunan dengan bentuk beraturan, sederhana, dan simetris akan berperilaku lebih baik terhadap gempa dibandingkan dengan bangunan yang tidak beraturan. Struktur bangunan beraturan untuk pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa yang berperilaku statik, yaitu suatu representasi dari beban gempa setelah disederhanakan dan dimodifikasi. Gaya inersia yang bekerja pada suatu massa akibat gempa disederhanakan menjadi ekuivalen beban statik. Pengaruh gempa rencana untuk struktur bangunan gedung yang tidak beraturan harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa yang berperilaku dinamik dan analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik yaitu suatu analisis dinamik yang memperhatikan semua ragam getar yang mungkin terjadi pada struktur bangunan.

Analisis beban gempa perlu ditentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan non gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Berikut faktor-faktor yang digunakan untuk mendesain gempa rencana sesuai SNI 1726-2012:

a. Kategori resiko struktur bangunan

Macam kategori resiko terhadap gempa berdasarkan fungsi bangunan sesuai SNI 1726-2012 pasal 4.1.2, adalah sebagai berikut:

1. Kategori I

Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan antara lain:

- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan.
- Fasilitas sementara.
- Gudang penyimpanan.

2. Kategori II

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV antara lain:

- Perumahan.
- Rumah toko dan rumah kantor.
- Gedung perkantoran.

- Gedung apartemen / rumah susun.
- Pusat perbelanjaan / mall.
- Bangunan industri.
- Fasilitas manufaktur.

3. Kategori III

Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan antara lain:

- Bioskop.
- Stadion.
- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat.
- Fasilitas penitipan anak.
- Penjara.
- Bangunan untuk orang jompo.

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

4. Kategori IV

Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:

- Bangunan-bangunan monumental.
- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan.
- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat.

- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat.
- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya.
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat.
- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat.

Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

b. Faktor keutamaan gempa

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan I_e . Faktor keutamaan gempa sesuai SNI 1726-2012 pasal 4.1.2, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Faktor keutamaan gempa

Kategori resiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2012, tabel 2, hal. 15.

2.3.6 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 2.3.2, struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

$$a. 1,4D \dots\dots\dots (2.2)$$

$$b. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$c. 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$d. 1,2D + W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$e. 1,2D + E + L + 0,2S \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

- D = beban mati
- L = beban hidup
- L_r = beban hidup atap
- S = beban salju
- R = beban hujan
- W = beban angin
- E = beban gempa

2.4 Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD

Menurut Setiawan (2008;5), metode ASD telah digunakan selama kurun waktu 100 tahun, dan selama 20 tahun terakhir telah bergeser ke perencanaan batas (LRFD) yang lebih rasional dan berdasarkan konsep probabilitas. Keadaan batas adalah kondisi struktur diambang batas kemampuan dalam memenuhi fungsi-fungsinya. Keadaan batas dibagi dalam dua kategori yaitu tahanan dan kemampuan layan. Keadaan batas tahanan (keamanan) adalah perilaku struktur saat mencapai tahanan plastis, tekuk, leleh, fraktur, guling, dan gelincir. Keadaan batas kemampuan layan berkaitan dengan kenyamanan penggunaan bangunan, antara lain masalah lendutan, getaran, dan retak-retak.

2.5 Penentuan Tipe Gempa Rencana

Pengaruh gempa rencana dapat ditinjau berdasarkan bentuk dari bangunan, apakah bangunan itu beraturan atau tidak beraturan. Pengaruh gempa untuk bangunan beraturan (*regular*) dapat ditinjau sebagai beban gempa statik ekuivalen, dan untuk bangunan tak beraturan (*irregular*) pengaruh gempa dapat ditinjau sebagai beban gempa dinamik respon spektrum.

1. Konfigurasi struktur

Berdasarkan SNI-1726-2002 pasal 4.2.1, struktur gedung ditetapkan sebagai struktur gedung beraturan (*regular*), apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
- b. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tersebut tidak lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- c. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.
- d. Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- e. Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang beraturan, tanpa adanya tingkat lunak. Tingkat lunak adalah suatu tingkat, dimana kekakuan lateralnya adalah kurang dari 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar tingkat.
- f. Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang beraturan, artinya setiap lantai tingkat memiliki berat yang tidak lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya. Berat atap atau rumah atap tidak perlu memenuhi ketentuan ini.
- g. Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral yang menerus, tanpa perpindahan titik beratnya, kecuali bila perpindahan tersebut tidak lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- h. Sistem struktur gedung memiliki lantai tingkat yang menerus, tanpa lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat.

Struktur gedung yang tidak memenuhi salah satu ketentuan diatas, ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan (*irregular*).

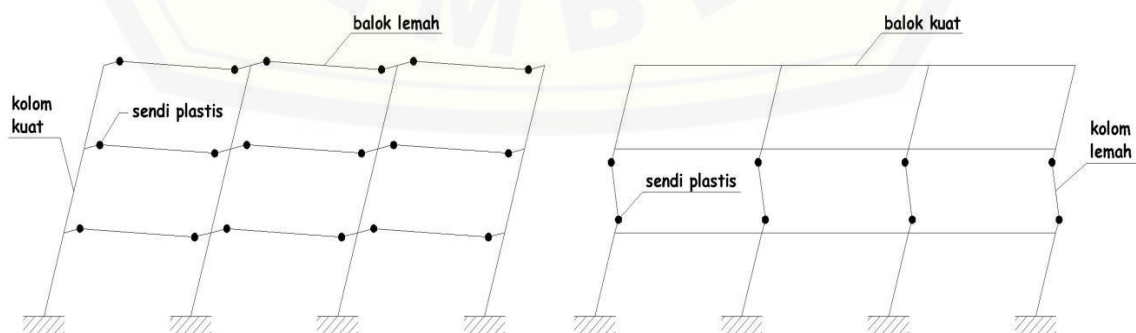
2.6 Struktur Gedung Tahan Gempa dengan Metode SRPMK

Prinsip dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut (Sampakang, 2013):

1. Pada saat gempa kecil tidak diijinkan terjadi kerusakan sama sekali.
2. Pada saat gempa sedang diijinkan terjadi kerusakan ringan tanpa kerusakan struktural
3. Pada saat gempa besar diijinkan terjadi kerusakan struktural tanpa keruntuhan.

Menurut Moestopo (2007), perencanaan bangunan tahan gempa harus memenuhi persyaratan kekakuan struktur, meliputi kriteria kekuatan, kekakuan (stabilitas) penampang kompak, daktilitas tinggi, dan kemampuan menyerap energi yang diperlukan. Kekakuan struktur bangunan harus cukup kuat untuk mengatasi tekuk lokal, tekuk lentur, tekuk torsi lateral dan simpangan antar lantai tingkat (P_{Δ}) akibat beban gempa yang besar.

Menurut SNI 03-1729-2002 SRPMK didesain mampu mengalami deformasi plastis yang cukup besar akibat gempa rencana. Pada sistem ini kolom didesain lebih kuat dari pada balok yang kita kenal dengan "*strong colum weak beam*", hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya bahaya ketidakstabilan struktur akibat patahan pada kolom terjadi lebih dahulu dibandingkan balok strukturnya.



Gambar 2.2 Struktur gedung untuk kolom kuat dan kolom lemah

2.6.1 Pemilihan Sistem Struktur Penahan Gempa

Sesuai SNI 1726-2012, terdapat 2 cara untuk menentukan kategori desain seismik suatu bangunan, yaitu berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek (S_{DS}) dan parameter respon percepatan pada periode 1 detik (S_{DI}). Berikut tabel penentuan kategori desain seismik berdasarkan parameter S_{DS} dan S_{DI} :

Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori resiko	
	I atau I atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} \leq 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} \leq 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012, tabel 6, hal. 24.

Tabel 2.5 Kategori desain seismik berdasarkan parameter S_{DI}

Nilai S_{DI}	Kategori resiko	
	I atau I atau III	IV
$S_{DI} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DI} \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{DI} \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{DI}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012, tabel 7, hal. 25.

Sistem penahan gaya gempa lateral harus memenuhi salah satu tipe struktur penahan beban gempa. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur, koefisien modifikasi respons yang sesuai (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), dan koefisien amplifikasi defleksi (C_d) sebagaimana dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel 2.6 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respon, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^s	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C. Sistem rangka pemikul momen								
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,50	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja pemikul momen menengah	4,50	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ⁱ
Rangka baja pemikul momen biasa	3,50	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ

Keterangan:
 TB = Tidak dibatasi.
 TI = Tidak diijinkan.

Sumber: SNI 1726-2012, tabel 9, hal. 34.

Sistem rangka pemikul momen merupakan kemampuan struktur untuk menahan beban gempa melalui kuat lentur dari komponen balok dan kolom. Dalam perencanaan ini, desain gedung tahan gempa menggunakan tipe SRPMK (sistem rangka pemikul momen khusus) yang diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. Desain elemen balok dan kolom serta sambungan antara keduanya harus direncanakan sebaik mungkin guna tercapainya fungsi mekanisme lentur dari gaya lateral yang ditimbulkan.

2.6.2 Faktor Perbesaran Struktur SRPMK

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.2, menyebutkan bahwa sistem penahan gaya gempa yang berbeda diijinkan digunakan untuk menahan gaya gempa di kedua arah sumbu struktur. Setiap sistem struktur yang digunakan harus dikenakan faktor nilai R , C_d , Ω_0 sesuai tabel 9 pada SNI 1726-2012, adalah sebagai berikut:

- a. Perbesaran skala beban gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 11.1.4, untuk setiap gerak tanah yang dianalisis, parameter-parameter respons individual harus dikalikan dengan besaran skalar sebagai berikut:

$$SF = \frac{I \cdot g}{R} \dots\dots\dots (2.7)$$

dimana:

SF = faktor skala beban gempa

I = Faktor keutamaan struktur

R = koefisien modifikasi respons

b. Perbesaran kombinasi beban dengan faktor kuat lebih

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.4.3.2, kombinasi dasar untuk desain kekuatan dengan faktor kuat lebih adalah sebagai berikut:

$$(1,2 + 0,2 S_{DS})D + \Omega_0 Q_E + L \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana:

S_{DS} = respon percepatan pada periode pendek

Ω_0 = faktor kuat lebih sistem

c. Perbesaran simpangan (defleksi) antar lantai

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, perbesaran simpangan antar lantai harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana:

δ_x = defleksi lantai x setelah mengalami perbesaran

δ_{xe} = defleksi lantai x

C_d = faktor perbesaran defleksi

I_e = Faktor keutamaan struktur

2.6.3 Kontrol Batas Simpangan

Hasil dari analisis pemodelan yang dilakukan, didapatkan simpangan antar lantai sebesar (δ) yang akan dibandingkan dengan batas simpangan ijin antar lantai tingkat sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.12.1 pada tabel berikut:

Tabel 2.7 Simpangan antar lantai ijin, Δ_a

Struktur	Kategori resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Keterangan:

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x .

Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, F simpangan antar lantai tingkat ijin tidak boleh melebihi Δ_a / ρ , dengan ρ harus diambil 1,3.

Sumber: SNI 1726-2012, tabel 16, hal. 66.

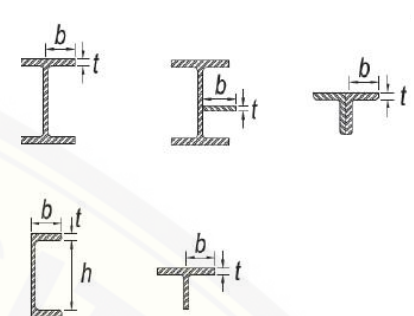
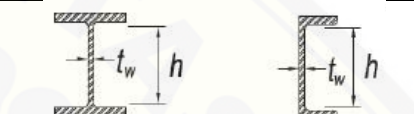
2.7 Perencanaan Elemen Struktur

1. Kelangsingan penampang profil

Sesuai SNI 1729-2015 pasal B4, untuk kondisi tekan, penampang diklasifikasikan sebagai *elemen non-langsing* dan *penampang elemen langsing*. Profil elemen non-langsing, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi λ_r .

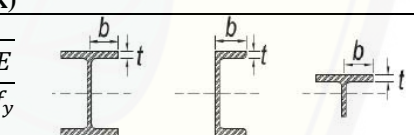
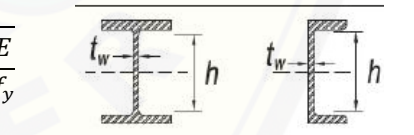
Elemen struktur untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai *penampang kompak*, *non-kompak* atau *penampang elemen-langsing*. Penampang kompak, rasio tebal terhadap lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi λ_p , jika rasio tebal terhadap lebar melebihi λ_p tetapi tidak boleh melebihi λ_r disebut *penampang non-kompak*. Perhitungan kelangsingan penampang profil digunakan untuk memeriksa setiap elemen komponen struktur terhadap resiko tekuk lokal sayap (flens) dan tekuk lokal badan (web). Rasio tebal terhadap lebar telah ditentukan sesuai SNI 1729-2015 pasal B4 pada tabel berikut:

Tabel 2.8 Rasio tebal terhadap lebar: elemen tekan penahan tekan aksial

Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar		Contoh
			λ_p (kompak)	λ_r (non-kompak)	
1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T	b/t_f	$0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$		
2	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$		

Sumber: SNI 1729-2015, tabel B4.1a, hal. 17.

Tabel 2.9 Rasio tebal terhadap lebar: elemen tekan penahan lentur

Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar		Contoh
			λ_p (kompak)	λ_r (non-kompak)	
1	Sayap dari Profil I canai panas, kanal, dan T	b/t_f	$0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
2	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

Sumber: SNI 1729-2015, tabel B4.1b, hal. 19.

2. Geser pada elemen struktur

Kuat rencana setiap komponen struktur tidak boleh kurang dari kekuatan perlu yang ditentukan dalam SNI 1729-2015 pasal B3-3:

$$V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) sebesar 0,9.

Gaya geser pada komponen struktur sebagian besar dipikul oleh web, jika web dalam kondisi stabil (artinya ketidakstabilan akibat kombinasi geser dan lentur tidak terjadi). Kuat geser nominal komponen struktur dengan badan tidak diperkaku dan diperkaku sesuai SNI 1729-2015 pasal G2.1, adalah sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \dots\dots\dots (2.11)$$

a. Badan komponen struktur profil-I canai panas dengan:

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.12)$$

maka, Koefisien geser badan (C_v) = 1.

b. Badan dari semua profil simetris ganda dan profil simetris tunggal serta kanal lainnya, kecuali PSB bundar. Koefisien geser badan (C_v) ditentukan sebagai berikut:

• Bila:

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.13)$$

maka, $C_v = 1$.

• Bila:

$$1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{f_y}} < \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.14.a)$$

maka:

$$C_v = \frac{1,10 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{f_y}}}{h/t_w} \dots\dots\dots (2.14.b)$$

• Bila:

$$\frac{h}{t_w} > 1,37 \sqrt{k_v \cdot \frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.15.a)$$

maka:

$$C_v = \frac{1,51 \cdot k_v \cdot E}{(h/t_w)^2 \cdot f_y} \dots\dots\dots (2.15.b)$$

dengan:

A_w = luas web, mm².

t_w = ketebalan web, mm.

h = tinggi profil dikurangi tebal sayap dan jari-jari girasi, mm.

E = modulus elastisitas baja, MPa.

k_v = koefisien tekuk geser pelat badan.

Koefisien tekuk geser (k_v), ditentukan sebagai berikut:

- Badan tanpa pengaku vertikal dan dengan $h/t_w < 260$, maka $k_v = 5$. Kecuali untuk badan profil T dimana $k_v = 1,2$.
- Badan dengan pengaku vertikal:

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \dots\dots\dots (2.16)$$

bila $a/h < 3$ atau $a/h > \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2$, maka $k_v = 5$.

dimana:

a = jarak bersih antara pengaku vertikal, mm.

2.7.1 Perencanaan Pelat Lantai

Menurut Asroni (2010;191), Pelat merupakan struktur tipis yang terbuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus. Perencanaan dan analisis pelat sesuai SNI 03-2847-2013 adalah sebagai berikut:

1. Lebar efektif pelat

Panjang bentang bersih dari suatu pelat harus dikurangi dengan lebar efektif balok terlebih dahulu. Menurut Setiawan (2008;284), Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:

a. Balok-balok interior (balok T):

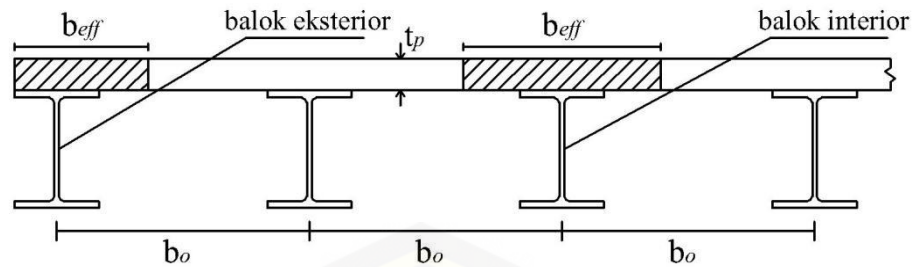
$$b_e \leq \frac{L}{4} \dots\dots\dots (2.17.a)$$

$$b_e \leq b_o \dots\dots\dots (2.17.b)$$

b. Balok-balok eksterior (Balok L):

$$b_e \leq \frac{L}{8} + \frac{b_f}{2} \dots\dots\dots (2.18.a)$$

$$b_e \leq \frac{b_o}{2} + \frac{b_f}{2} \dots\dots\dots (2.18.b)$$



Gambar 2.3 Lebar efektif balok komposit

2. Nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap pelat (α_m)
Mencari nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap pelat (α_m) dari masing-masing tumpuan balok untuk mengecek apakah pemakaian tebal pelat (h) coba-coba telah memenuhi persyaratan tebal minimum. Persamaan untuk mencari (α) sesuai SNI 2847-2013 pasal 13.6.1.6, adalah sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{E_b \cdot I_b}{E_s \cdot I_s} \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan:

- E_b = Modulus elastisitas balok (MPa)
- I_b = Momen inersia balok (mm^4)
- E_s = Modulus elastisitas pelat (MPa)
- I_s = Momen inersia pelat (mm^4)

Modulus elastisitas beton ditetapkan sesuai SNI 2847-2013 pasal 8.5.1:

- a. Nilai berat jenis beton (w_c) antara 1440 dan 2560 kg/m^3 , modulus elastisitas beton diizinkan diambil sebesar:

$$E_c = w_c^{1,5} \cdot 0,043 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (2.20)$$

- b. Nilai berat jenis beton (w_c) kurang dari 1440 kg/m^3 , modulus elastisitas beton diizinkan diambil sebesar:

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots (2.21)$$

3. Penentuan tebal pelat
Menurut Asroni (2010;194) perbandingan antara bentang panjang dan bentang pendek pelat dibedakan menjadi dua, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah.

Pelat dikatakan 1 arah apabila pelat ditumpu oleh salah satu arahnya. Sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah disebut pelat satu arah/ *one way slab*, sedangkan sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok dua arah disebut pelat dua arah/ *two way slab*. Penentuan jenis pelat satu arah dan dua arah sesuai syarat diatas adalah sebagai berikut:

a. Pelat satu arah, jika $\frac{l_y}{l_x} \geq 2$

b. Pelat dua arah, jika $\frac{l_y}{l_x} < 2$

dengan:

l_y = bentang terbesar (mm)

l_x = bentang terkecil (mm)

a. Pelat satu arah (*one way slab*)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 untuk pelat satu arah, tebal minimumnya dapat ditetapkan sesuai tabel berikut:

Tabel 2.10 Tebal minimum pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

Catatan:

Panjang bentang dalam mm.

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

Sumber: SNI 2847-2013, tabel 9.5(a), hal. 70.

b. Pelat dua arah (*two way slab*)

Perencanaan tebal plat dua arah ditetapkan pada peraturan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3 adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap pelat (α_m) $< 0,2$, maka harus menggunakan persyaratan pelat tanpa balok interior yang membentang diantara tumpuan.

Tabel 2.11 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	Panel interior
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.

Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.

Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Sumber: SNI 2847-2013, pasal 9.5.3.

2. Jika $(\alpha_m) > 0,2$ tapi tidak lebih dari 2, maka tebal minimal pelat adalah:

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots (2.22)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

3. Jika $(\alpha_m) > 2$, maka tebal minimal pelat adalah:

$$h_{min} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.23)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

4. Tebal maksimum pelat adalah:

$$h_{max} = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36} \dots\dots\dots (2.24)$$

dengan,

$$\beta = \frac{l_{ny}}{l_{nx}} \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana:

l_n = bentang bersih terbesar, mm.






β = rasio panjang pelat, Mpa.



h = tebal pelat, mm.

4. Analisa statika pelat

Analisa statika pelat untuk menentukan momen tumpuan dan momen lapangan pada pelat. Perhitungan momen lentur yang bekerja pada jalur selebar 1 meter setiap arah x dan arah y, menurut Asroni (2010;268) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.12 Momen di dalam pelat persegi

l_y/l_x		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	$Ml_x^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100
	$Ml_y^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37
	$Ml_x^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62
	$Ml_y^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35
	$Mt_x^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62
	$Mt_y^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35
	$Ml_x^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88
	$Ml_y^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49
	$Mt_x^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88
	$Mt_y^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49
	$Ml_x^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85
	$Ml_y^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50
	$Mt_x^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85
	$Mt_y^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50
	$Ml_x^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62
	$Ml_y^{(+)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34
	$Mt_x^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62
	$Mt_y^{(-)} = 0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot Y$	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34

Keterangan:  = terletak bebas
 = menerus atau terjepit elastis

Sumber: Balok pelat beton bertulang, 2010, hal. 268.

dengan persamaan momen sebagai berikut:

$$M_u = 0,001 \cdot q_u \cdot l^2 \cdot x \dots\dots\dots (2.26)$$

5. Penulangan pelat

a. Faktor tahanan momen

Menurut Asroni (2010;202) faktor momen nominal (K_n) yang bekerja pada pelat harus lebih kecil dari faktor momen maksimum (K_{maks}).

$$K_{maks} = \frac{382,5 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot (600 + f_y - 225 \cdot \beta_1)}{(600 + f_y)^2} \dots\dots\dots (2.27.a)$$

$$K_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2} \dots\dots\dots (2.27.b)$$

b. Tebal efektif pelat

Struktur pelat untuk beton bertulang, tebal pelat (d) harus dikurangi tebal selimut beton untuk mendapatkan tinggi efektif pelat (d_{eff}). Tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 7.7.1, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.13 Tebal selimut beton minimum

Kondisi umum	Tebal selimut minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawalulir D16 dan yang lebih kecil	40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah:	
1. Pelat, dinding, pelat berusuk:	
Batang D-44 dan D-56.....	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
2. Balok, kolom: Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
3. Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

Sumber: SNI 2847-2013, pasal 7.7.1.

c. Rasio Tulangan

Menurut Asroni (2010;203) batasan rasio luas tulangan yang diperlukan pelat setiap meter panjangnya adalah:

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.28.a)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (2.28.b)$$

Luas tulangan yang diperlukan pelat setiap meter panjangnya adalah:

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \cdot 1 - \sqrt{\frac{1 - 2 \cdot K_n}{0,85 \cdot f'_c}} \dots\dots\dots (2.28.c)$$

d. Luas tulangan utama

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.2, persamaan untuk mencari luas tulangan utama (A_s) adalah:

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots (2.29)$$

Jarak tulangan utama (s):

$$s \leq \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \leq 450 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.30)$$

e. Luas tulangan bagi (susut dan suhu)

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1, persamaan untuk mencari luas tulangan bagi adalah:

1. $f_y \leq 350 \text{ Mpa}$, $(A_{sb}) = 0,0020 \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots (2.31.a)$

2. $350 \text{ Mpa} < f_y < 420 \text{ Mpa}$, $(A_{sb}) = 0,0018 \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots (2.31.b)$

3. $f_y \geq 420 \text{ Mpa}$, $(A_{sb}) = 0,0018 \cdot b \cdot d_{eff} \cdot (400/f_y) \dots\dots\dots (2.31.c)$

dengan jarak tulangan bagi (s):

$$s \leq \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{A_s} \leq 450 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.32.a)$$

$$s \leq 5h \leq 450 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.32.b)$$

f. Lendutan pelat

1. Lendutan ijin (Δ_{ijin})

Batas lendutan yang diijinkan menurut SNI 2847-2002 adalah seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.14 Batas lendutan pelat ijin

Jenis Komponen Struktur	Lendutan ijin
Konstruksi atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen nonstructural yang mungkin akan rusak oleh lendutan.	$L_n / 180$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan.	$L_n / 360$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.	$L_n / 480$
Konstruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.	$L_n / 240$

Sumber: SNI 2847-2002, pasal 11.5.

2. Momen akibat retak (M_{cr})

Momen akibat retak pada pelat harus diperhatikan terhadap lendutan yang terjadi. Sesuai SNI 2847-2002 pasal 11.5, momen akibat retak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_{cr} = \frac{0,7 \cdot \sqrt{f_c} \cdot I_g}{y_t} \dots\dots\dots (2.33)$$

dengan:

I_g = momen inersia penampang bruto, mm⁴.

y_t = setengah dari tebal pelat, mm.

3. Momen inersia penampang retak (I_{cr})

Nilai Momen Inersia penampang retak menurut SNI 2847-2002 pada persamaan 101 adalah sebagai berikut:

$$I_{cr} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot c^3 + n \cdot A_s \cdot (d - c)^2 \dots\dots\dots (2.34)$$

dengan:

b = lebar pelat per 1 meter, mm.

c = jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral, mm.

n = rasio modulus elastisitas tulangan terhadap beton, mm.

d = jarak dari serat tekan keluar ke tulangan tarik, mm.

4. Momen inersia penampang efektif (I_e)

Nilai Momen Inersia penampang efektif menurut SNI 2847-2002 pasal 11.5 adalah sebagai berikut:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_u}\right)^3 \cdot I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_u}\right)^3\right] \cdot I_{cr} \dots\dots\dots (2.35)$$

5. Lendutan seketika (Δ_e)

Lendutan seketika pada komponen struktur terjadi segera setelah beban bekerja dan seketika itu juga terjadi lendutan. Menurut pasal SNI 2847-2002 pasal 11.5, lendutan seketika dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta_e = \frac{5}{48} \cdot \frac{M_u \cdot L^2}{E \cdot I_e} \dots\dots\dots (2.36)$$

6. Faktor ketergantungan waktu (ξ)

Berdasarkan SNI 2847-2002 pasal 11.2.5, faktor konstanta ketergantungan waktu untuk beban jangka panjang diambil sebesar 2.

7. Lendutan jangka panjang (Δ_g)

Lendutan jangka panjang merupakan lendutan yang timbul secara berangsur angsur dalam jangka waktu lama dan disebabkan oleh rangkai dan susut dari material beton. Nilai lendutan jangka panjang dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta_g = \frac{\lambda \cdot 5}{48} \cdot \frac{M_u \cdot L^2}{E \cdot I_e} \dots \dots \dots (2.37)$$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 50 \cdot \rho} \dots \dots \dots (2.38)$$

dengan:

λ = faktor pengali untuk lendutan jangka panjang.

ξ = faktor ketergantungan waktu.

ρ = rasio tulangan.

8. Lendutan total (Δ_{total})

Pelat sebagai struktur yang menahan lentur harus diperiksa terhadap lendutan yang terjadi. Lendutan yang terjadi pada pelat sesuai SNI 2847-2002 pasal 11.5 adalah sebagai berikut:

$$\Delta_{total} = \Delta_e + \Delta_g \dots \dots \dots (2.39)$$

2.7.2 Perencanaan Tangga

Struktur tangga digunakan untuk melayani aksesibilitas antar lantai pada gedung yang mempunyai tingkat lebih dari satu. Perhitungan tulangan dihitung dengan pembebanan tetap, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh luas tulangan yang terbesar.

Perencanaan penulangan pada pelat tangga sama halnya dengan langkah perhitungan penulangan pada pelat beton umumnya. Menurut Asroni (2010;238), perhitungan struktur tangga harus memperhatikan nilai antrade (lebar anak tangga) dan oprade (tinggi anak tangga) yang menggunakan pendekatan untuk mencari jumlah anak tangga.

Persamaan pendekatan untuk mencari jumlah anak tangga.

$$2. OP + A = 60 \text{ s/d } 65 \dots\dots\dots (2.40)$$

dimana:

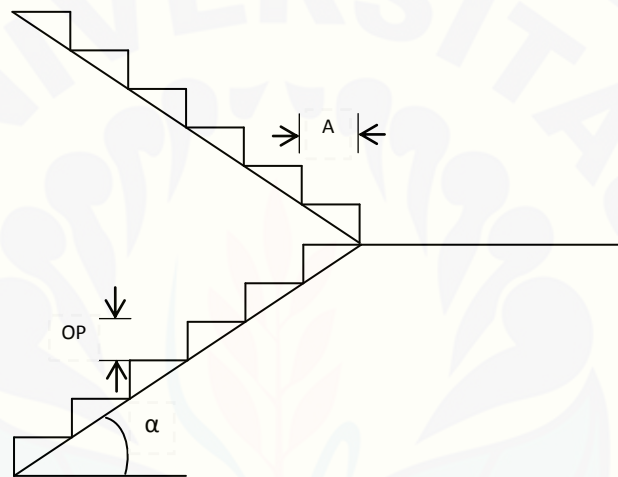
OP = tinggi anak tangga

A = lebar anak tangga

dengan sudut kemiringan tangga (α):

$$\alpha = \text{arc tan } \frac{OP}{A} \dots\dots\dots (2.41)$$

Berikut gambar model struktur gambar:



Gambar 2.4 Model struktur tangga

Menurut Asroni (2010;235), sudut kemiringan tangga (α) dapat direncanakan tidak melebihi ketentuan berikut:

Tabel 2.15 Ketentuan sudut kemiringan tangga

Kasus	Sudut kemiringan tangga (α)
1. Untuk tangga mobil masuk garasi	$12,5^0$
2. Untuk tangga di luar bangunan	20^0
3. Untuk tangga perumahan dan bangunan gedung pada umumnya.	$30^0 - 35^0$
4. Untuk tangga curam, misalnya tangga untuk basement, menara, dll.	$\geq 41^0$

Sumber: Balok pelat beton bertulang, 2010, hal. 235.

2.7.3 Perencanaan Balok



Balok adalah komponen struktur yang berfungsi sebagai pendukung beban vertikal dan horizontal. Beban vertikal berupa beban mati dan beban hidup yang diterima plat lantai, berat sendiri balok dan berat dinding penyekat yang di atasnya. Sedangkan beban horizontal berupa beban angin dan gempa.

Balok merupakan bagian struktur bangunan yang penting dan bertujuan untuk memikul beban lentur, geser maupun torsi. Komponen struktur balok merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik. Elemen balok didesain dengan konsep terkekang lateral. Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F1.1, tahanan balok yang mengalami gaya lentur harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_u < \phi M_n \dots\dots\dots (2.42)$$

dengan reduksi (ϕ) sebesar 0,90.

Tabel 2.16 Pemilihan profil untuk komponen struktur lentur

Pasal dalam Bab F	Penampang Melintang	Kelangsingan Sayap	Kelangsingan Badan	Kedaaan Batas
F2		C	C	Y, LTB
F3		NC, S	C	LTB, FLB

Keterangan:

C : Kompak

NC : Non-Kompak

Y : Pelelehan

LTB : Tekuk torsi lateral

FLB : Tekuk lokal sayap

Sumber: SNI 1729-2015, tabel F1.1, hal. 48.

1. Kuat lentur komponen struktur balok komposit.

a. Lebar efektif transformasi (b_{etr})

Jika lebar efektif balok komposit untuk kompoen balok dan pelat yang terdiri dari dua material dan memiliki modulus berbeda, maka lebar efektif beton harus ditransformasikan ke material baja.

Menurut Setiawan (2008;283) untuk menentukan nilai lebar efektif transformasi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$b_{etr} = \frac{b_e}{n} \dots\dots\dots (2.43)$$

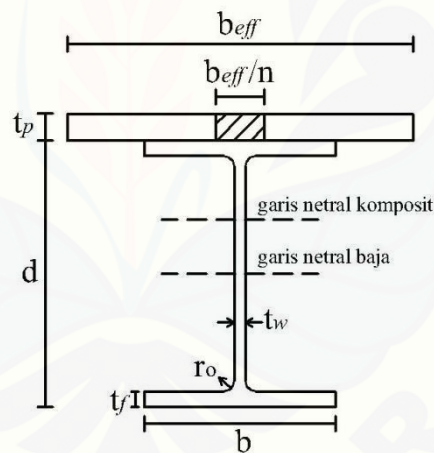
dengan:

b_e = lebar efektif balok komposit (mm).

n = E_s/E_c = rasio modulus elastisitas profil baja terhadap beton.

b. Sumbu netral penampang komposit

Pada sub bab sebelumnya dijelaskan bahwa komposit merupakan struktur yang terdiri dari 2 material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan, sehingga sumbu netral penampang balok komposit pun merupakan gabungan dari sumbu netral kedua material. Berikut letak sumbu netral penampang balok komposit dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Sumbu netral penampang balok komposit

c. Momen inersia penampang balok komposit

Menurut Setiawan (2008;285) untuk menentukan nilai momen inersia penampang balok komposit dapat menggunakan persamaan berikut:

$$I_{tr} = \Sigma(I_o + A. d^2) \dots\dots\dots (2.44)$$

dengan:

I_{tr} = Momen inersia gabungan (cm^4).

I_o = Momen inersia komponen (cm^4).

A = Luas penampang komponen (cm^2).

d = Jarak sumbu netral komponen terhadap komposit (cm).

d. Analisa sumbu netral plastis

Analisa untuk sumbu netral plastis dalam banyak kasus, kuat lentur nominal tercapai ketika seluruh penampang baja luluh dan beton tekan hancur. Hubungan distribusi tegangan pada keadaan tersebut pada komposit dinamakan distribusi tegangan plastis. Penentuan untuk menentukan harga tegangan lentur balok komposit, hal utama yang perlu dilakukan adalah mencari letak sumbu netral plastis dari penampang tersebut. Menurut Setiawan (2008;292) letak sumbu netral plastis dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_e} \dots\dots\dots (2.45)$$

dimana:

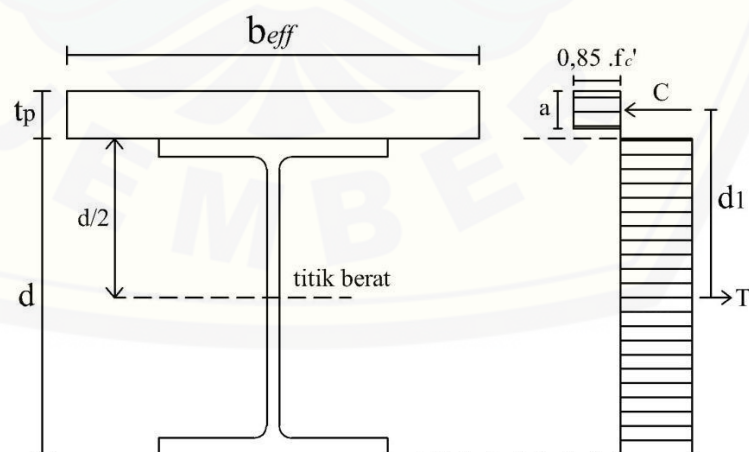
jika $a \leq t_p$ maka, sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton.

jika $a > t_p$ maka, sumbu netral plastis jatuh pada profil baja.

e. Kuat lentur momen positif

1. Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton

Jika sumbu nertal plastis jatuh pada slab beton, maka distribusi tegangan yang terjadi seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Sumbu netral plastis jatuh pada beton

Nilai momen nominal penampang balok komposit tersebut adalah sebagai berikut:

$$M_n = M_p = C \cdot d_1 \dots\dots\dots (2.46)$$

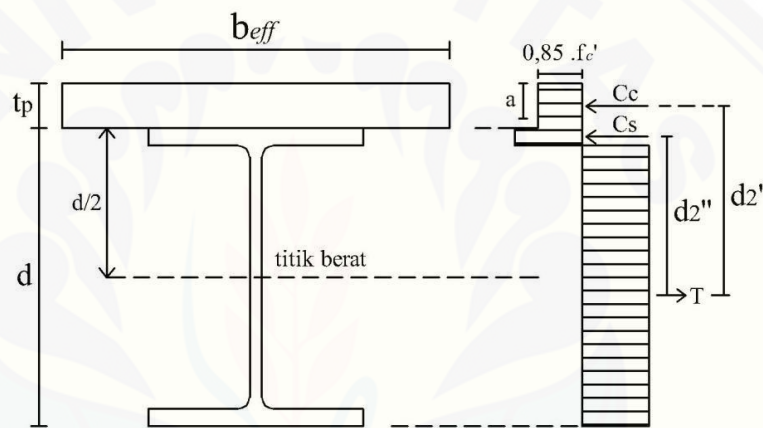
dimana:

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_e \dots\dots\dots (2.47)$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + t_p - \frac{a}{2} \dots\dots\dots (2.48)$$

2. Sumbu netral plastis jatuh pada profil

Jika sumbu netral plastis jatuh pada profil baja, maka distribusi tegangan yang bekerja seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Sumbu netral plastis jatuh pada profil

Nilai momen nominal balok komposit sebagai berikut:

$$M_n^{(+)} = M_p = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2'' \dots\dots\dots (2.49)$$

dimana:

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot t_p \cdot b_e \dots\dots\dots (2.50)$$

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2} \dots\dots\dots (2.51)$$

$$d_2' = \frac{d}{2} + t_p - \frac{a - t_f}{2} \dots\dots\dots (2.52)$$

$$d_2'' = \frac{d}{2} - \frac{t_f}{2} \dots\dots\dots (2.53)$$

f. Kuat lentur momen negatif

Menurut Setiawan (2008;304) dalam merencanakan kuat lentur momen negatif, pengaruh tulangan turut diperhatikan dan pelat beton dapat diabaikan.

1. Letak sumbu netral plastis

$$a = \frac{T_s}{f_y \cdot b_f} \dots\dots\dots (2.54)$$

jika:

$a \leq t_p$ maka, sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton.

$a > t_p$ maka, sumbu netral plastis jatuh pada profil baja.

dimana:

$$T_s = \frac{C_{maks} - T_{sr}}{2} \dots\dots\dots (2.55)$$

$$C_{maks} = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (2.56)$$

$$T_{sr} = A_{sr} \cdot f_{yr} \dots\dots\dots (2.57)$$

dengan:

T_{sr} = Tahanan tarik tulangan pelat (N).

A_{sr} = Luas tulangan dikalikan jumlah tulangan (mm²).

f_{yr} = Mutu baja tulangan (MPa).

2. Kuat lentur nominal yang terjadi pada momen negatif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$M_n^{(-)} = M_p = M_{n1} + M_{n2} \dots\dots\dots (2.58)$$

dimana:

$$M_{n1} = T_{sr} \left((d - \bar{y}) + \left(t_p - \left(\frac{T_{sr}}{1,7 \cdot f'_c \cdot b_e} \right) \right) \right) \dots\dots\dots (2.59.a)$$

$$M_{n2} = T_s (d - y - (0,5 \cdot a)) \dots\dots\dots (2.59.b)$$

2. Lendutan balok

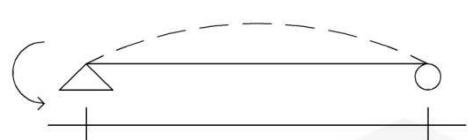
Batas-batas lendutan harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebanan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. SNI 03-1729-2002 pasal 6.4.3 membatasi besarnya lendutan yang timbul pada balok. Batas lendutan maksimum dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.17 Batas lendutan maksimum

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	L/360	-
Balok biasa	L/240	-
Kolom dengan analisis orde pertama	h/500	h/200
Kolom dengan analisis orde kedua	h/300	h/200

Sumber: SNI 03-1729-2002, pasal 6.4.3.

Besar lendutan pada beberapa jenis pembebanan balok yang umum terjadi menurut Setiawan (2008:88) ditunjukkan pada gambar berikut:



$$\Delta_{L/2} = \frac{5 \cdot q_o \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{8} \cdot q_o \cdot L^2 \right) \cdot \frac{L^2}{E \cdot I}$$

$$= \frac{5}{48} \cdot \frac{M_o \cdot L^2}{E \cdot I}$$

Gambar 2.8 Besar lendutan pada beberapa jenis pembebanan balok

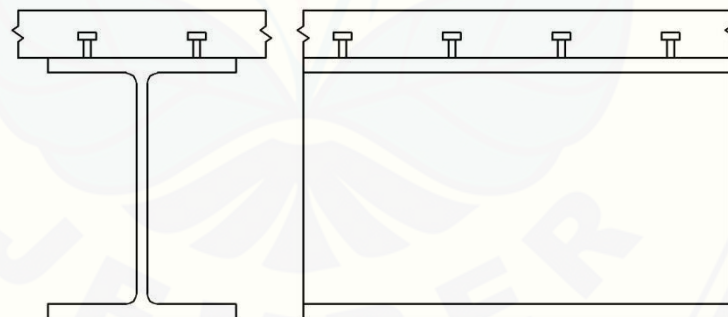
3. Interaksi komponen struktur terhadap lentur dan geser

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 8.9.3, jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka balok harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \cdot \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375 \dots\dots\dots (2.60)$$

4. Perencanaan penghubung geser

Sebagai penahan geseran horizontal antar permukaan akan digunakan sebuah komponen penghubung/penyambung yang disebut *shear connectors* atau penghubung geser. Salah satu jenis penghubung geser yang sering digunakan adalah stud, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.9 Penghubung geser tipe stud

a. Kuat nominal penghubung geser

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.3, kuat nominal satu penghubung geser jenis paku yang ditanam di dalam pelat beton massif adalah:

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u^b \dots\dots\dots (2.61)$$

dimana:

A_{sc} = luas penampang penghubung geser jenis paku, mm².

f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku, MPa.

Q_n = kuat geser nominal untuk penghubung geser, N.

b. Jumlah penghubung geser

Jumlah penghubung geser dihitung dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \dots\dots\dots (2.62)$$

dengan:

$$V_h = A_s \cdot f_y \dots\dots\dots (2.63)$$

dimana:

V_h = gaya geser horizontal, N.

Jumlah stud (n) di atas untuk setengah bentang balok, sehingga jumlah keseluruhan stud connector yang dibutuhkan balok adalah sebesar 2n.

c. Jarak penghubung geser



Persyaratan mengenai jarak penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6 yang mensyaratkan:

1. Selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada dek baja.
2. Diameter maksimum = 2,5 x tebal sayap profil baja.
3. Jarak longitudinal minimum = 6 x diameter penghubung geser.
4. Jarak longitudinal maksimum = 8 x tebal pelat beton.
5. Jarak minimum arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4 x diameter.
6. Jika digunakan dek baja gelombang, jarak minimum penghubung geser dapat diperkecil menjadi 4 x diameter.

2.7.4 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan komponen struktur untuk menahan tekan. Komponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabung dengan menggunakan pelat kopel. Pemilihan untuk penerapan profil struktur tekan telah diatur dalam SNI 1729-2015 pasal E1 seperti pada gambar berikut:

Tabel 2.18 Pemilihan profil untuk komponen struktur tekan

Penampang Melintang	Tanpa Elemen Langsing		Dengan Elemen Langsing	
	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas	Penampang pada Bab E	Keadaan Batas
	E3 E4	FB TB	E7	LB FB TB
	E3 E4	FB FTB	E7	LB FB FTB

Keterangan:
 FB : Tekuk lentur
 TB : Tekuk torsi
 FTB : Tekuk torsi lentur
 LB : Tekuk lokal

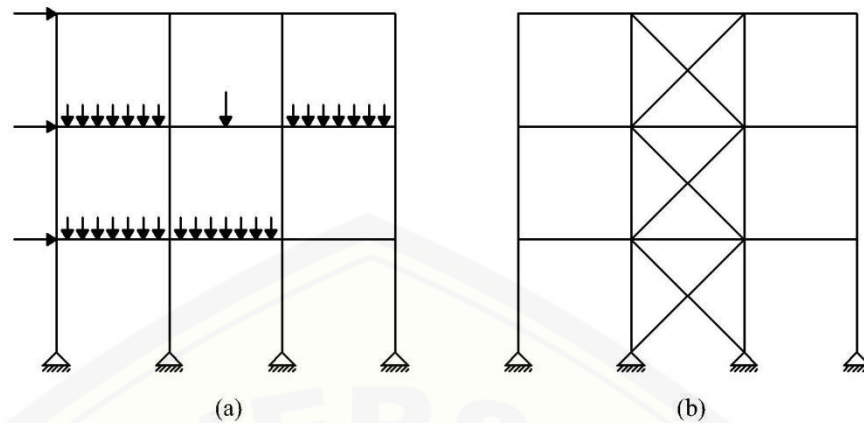
Sumber: SNI 1729-2015, tabel E1.1, hal. 34.

1. Panjang Tekuk (k)

Berdasarkan metode LRFD kolom dengan kekangan yang besar terhadap rotasi dan translasi pada ujung-ujungnya (contohnya tumpuan jepit) akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan kolom yang mengalami rotasi serta translasi pada bagian tumpuan ujungnya (contohnya adalah tumpuan sendi).

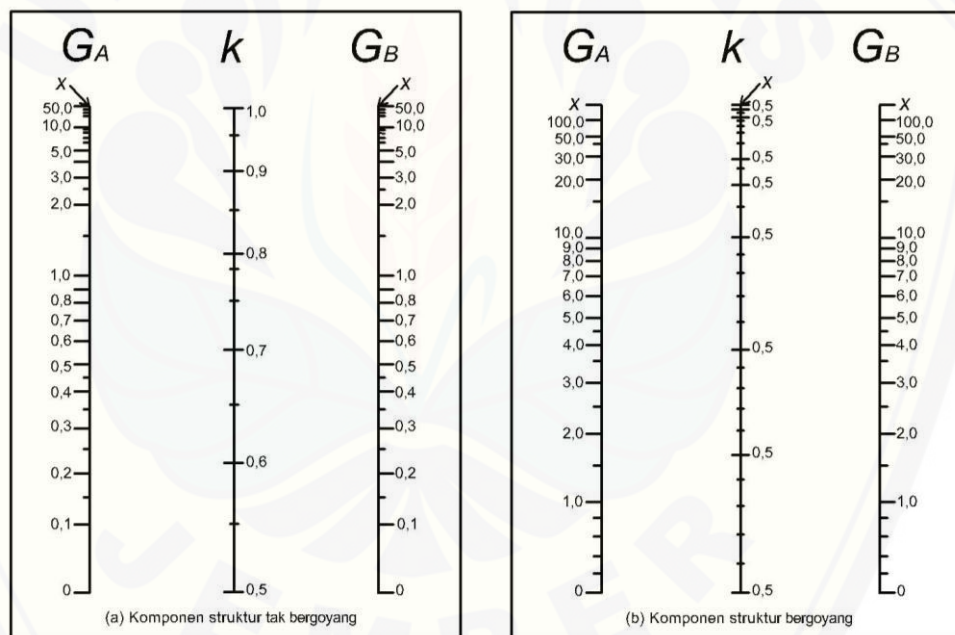
Selain kondisi tumpuan ujung, besar beban yang dapat diterima oleh suatu komponen struktur tekan juga tergantung dari panjang efektifnya. Semakin kecil panjang efektif suatu komponen struktur tekan, maka semakin kecil pula resikonya terhadap masalah tekuk. Panjang efektif suatu kolom secara sederhana dapat didefinisikan sebagai jarak di antara dua titik pada kolom atau didefinisikan pula sebagai jarak di antara dua titik kelengkungan kolom.

Suatu komponen struktur tekan yang merupakan bagian dari suatu struktur portal kaku, maka nilai k harus dihitung berdasarkan suatu nomogram. Struktur portal kaku dibagi menjadi 2, yaitu struktur portal kaku bergoyang dan struktur portal kaku tak bergoyang (goyangan dicegah dengan mekanisme kerja dari bresing) seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.10 (a) Portal kaku bergoyang dan (b) tak bergoyang

Nilai k untuk masing-masing sistem portal tersebut dapat dicari dengan nomogram berikut:



Gambar 2.11 Nomogram faktor panjang tekuk, k

Berdasarkan dari nomogram di atas diketahui bahwa nilai k merupakan fungsi dari G_A dan G_b yang merupakan perbandingan antara kekakuan komponen struktur yang dominan terhadap tekan (kolom) dengan kekakuan komponen struktur yang relatif bebas terhadap gaya tekan (balok). Nilai G ditetapkan berdasarkan persamaan:

$$G = \frac{\sum (\frac{I}{L})_c}{\sum (\frac{I}{L})_b} \dots\dots\dots (2.64)$$

dimana:

- G = kekakuan komponen struktur terhadap tekan.
- I = momen inersia komponen struktur, cm^4 .
- L = panjang komponen struktur, cm^4 .

Persamaan di atas dapat dikecualikan untuk kondisi-kondisi berikut:

- a. Komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku pada pondasi (contohnya tumpuan sendi), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 10, kecuali dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut.
 - b. Komponen struktur tekan yang dasarnya terhubung secara kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G tidak boleh diambil kurang dari 1, kecuali dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai G tersebut.
2. Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing.

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor N_u menurut SNI 1729-2015 pasal E3 harus memenuhi:

$$N_u < \phi N_n \dots\dots\dots (2.65)$$

dengan reduksi (ϕ) sebesar 0,90.

Daya dukung nominal N_n struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots (2.66)$$

Tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan oleh kelangsingan komponen struktur (λ) dan $\frac{F_y}{F_e}$ adalah sebagai berikut:

a. Bila ($\lambda = \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$) atau ($\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$) (2.67.a)

maka, $F_{cr} = [0,658 \frac{F_y}{F_e}] F_y$ (2.67.b)

b. Bila ($\lambda = \frac{KL}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$) atau ($\frac{F_y}{F_e} \geq 2,25$) (2.68.a)

maka, $F_{cr} = 0,877 F_e$ (2.68.b)

dengan besarnya tegangan tekuk kritis elastis (F_e) adalah:

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (2.69)$$

3. Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi Lentur dari Komponen Struktur Non-Langsing.

Pasal ini diterapkan untuk komponen simetris tunggal dan asimetris, dan simetris ganda tertentu, misalnya struktur simetris ganda tersusun tanpa elemen langsing. Komponen struktur simetris ganda digunakan tegangan tekuk elastis torsi atau torsi lentur (F_e), sesuai SNI 1729-2015 pasal E4 adalah:

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(K_z \cdot L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \dots\dots\dots (2.70)$$

Konstanta torsi (J) untuk penampang berbentuk I, kanal, T dan siku, sesuai LRFD persamaan 8.11 adalah:

$$J = \sum \frac{1}{3} \cdot b \cdot t^3 \dots\dots\dots (2.71)$$

Konstanta pilin (C_w);

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} \dots\dots\dots (2.72)$$

4. Komponen struktur penahan kombinasi lentur dan gaya aksial.

Suatu struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Bila $\frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2$

$$\frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.73.a)$$

2. Bila $\frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2$

$$\frac{N_u}{2 \cdot \phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.73.b)$$

- a. Perbesaran momen

Berdasarkan metode LRFD besarnya momen lentur terfaktor dari suatu komponen struktur balok-kolom dihitung dengan menggunakan analisis orde kedua. SNI 03-1729-2002 menyatakan bahwa pengaruh orde kedua harus direncanakan melalui salah satu dari dua analisis berikut:

1. Analisis orde pertama dengan memperhitungkan perbesaran momen.
2. Analisis orde kedua menurut cara-cara yang telah baku dan telah diterima secara umum.

Sesuai dengan metode LRFD, dalam merencanakan struktur balok-kolom menggunakan perhitungan pengaruh orde kedua dengan cara memperhitungkan perbesaran momen.

1. Perbesaran momen untuk struktur tak bergoyang

Suatu komponen struktur tak bergoyang dengan besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \dots\dots\dots (2.74)$$

M_{ntu} adalah momen lentur terfaktor, dan δ_b adalah faktor perbesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang yang besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{e1}}\right)} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.75)$$

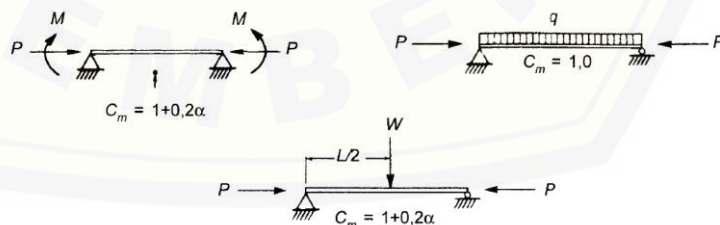
dengan:

$$N_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{(k \cdot L/r)^2} \dots\dots\dots (2.76)$$

N_{e1} = gaya tekan menurut Euler dengan KL/r terhadap sumbu lentur dan $k \leq 1,0$ (untuk komponen struktur tak bergoyang).

Nilai C_m ditentukan sebagai berikut:

- C_m = Dapat menggunakan gambar berikut:



Gambar 2.12 Variasi nilai C_m pada berbagai pembebanan

- C_m = 1, untuk komponen struktur dengan ujung sederhana.
- C_m = 0,85, untuk komponen struktur dengan ujung kaku.

2. Perbesaran momen untuk struktur bergoyang

Suatu komponen struktur bergoyang dengan besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \dots\dots\dots (2.77)$$

M_{ntu} adalah momen lentur terfaktor yang diakibatkan oleh beban-beban yang dapat menimbulkan goyangan, dan δ_s adalah faktor perbesaran momen untuk komponen struktur bergoyang yang besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum N_u}{\sum N_{e2}}} \dots\dots\dots (2.78)$$

dengan:

N_{e2} = gaya tekan menurut Euler dengan KL/r terhadap sumbu lentur dan $k \geq 1,0$ (untuk komponen struktur bergoyang).

b. Tekuk lokal web pada komponen struktur balok-kolom

Batasan nilai kelangsingan penampang untuk web telah ditentukan sesuai SNI 03-1729-2002 tabel 7.5.1 adalah sebagai berikut:

- Bila $\frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} < 0,125$, maka:

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{2,75 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \dots\dots\dots (2.79.a)$$

- Bila $\frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} > 0,125$, maka:

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \cdot \left[2,33 - \frac{N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] > \frac{665}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.79.b)$$

- Untuk semua nilai λ_r :

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \cdot \left[1 - \frac{0,74 \cdot N_u}{\phi_b \cdot N_y} \right] \dots\dots\dots (2.80)$$

N_y adalah gaya aksial yang diperlukan untuk mencapai kondisi batas leleh, ditentukan dengan persamaan berikut:

$$N_y = A_g \cdot f_y \dots\dots\dots (2.81)$$

c. Kuat lentur komponen struktur profil I kompak simetris ganda.

Kekuatan lentur nominal (M_n), harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh:

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y \dots\dots\dots (2.82)$$

d. Tekuk torsi lateral struktur profil i kompak simetris ganda.

1. Bila $L_b < L_p$, maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak berlaku.

2. Bila $L_p < L_b < L_r$, maka:

$$M_n = C_b [M_p - (M_p - 0,7 \cdot F_y \cdot S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)] \leq M_p \dots\dots\dots (2.83)$$

3. Bila $L_b > L_r$, maka:

$$M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \dots\dots\dots (2.84)$$

2.7.5 Perencanaan Sambungan

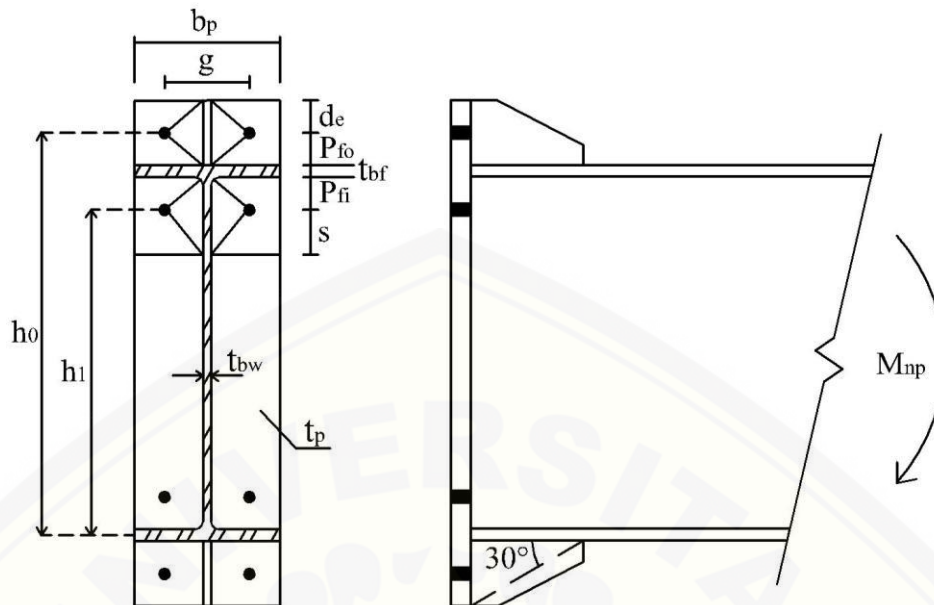
Sambungan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari suatu struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam antar komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Perencanaan semua sambungan harus konsisten dengan kinerja sambungan terhadap gaya dan deformasi sesuai dengan perencanaan dan asumsi yang digunakan dalam analisis struktur.

Sesuai SNI 1729-2015 pasal J1, sambungan berdasarkan perilaku struktur yang direncanakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Sambungan sederhana, yaitu sambungan yang didesain sebagai sambungan fleksibel dan diizinkan dimensinya ditentukan hanya untuk menerima reaksi geser. Contoh sambungan sederhana seperti pada sambungan balok, gelagar, dan rangka batang.
- b. Sambungan momen, yaitu sambungan yang didesain untuk efek kombinasi gaya yang dihasilkan dari momen dan geser dan disebabkan oleh kekakuan sambungan. Contoh sambungan momem seperti pada sambungan ujung dari balok, gelagar, dan rangka batang yang dikekang.

1. Sambungan Balok - Kolom.

Perencanaan sistem sambungan balok – kolom menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus yang mengacu pada peraturan AISC 358-16 “*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*”. Jenis sambungan yang bekerja pada balok-kolom adalah sambungan plat ujung diperluas dengan empat baut seperti gambar berikut:



Gambar 2.13 Desain sambungan balok-kolom SRPMK

a. Momen dimuka pelat (M_f)

Nilai momen dimuka kolom Berdasarkan AISC 358-16 pasal 6.8-1 adalah sebagai berikut ;

$$M_f = M_{pr} + V_u' \cdot S_h \dots\dots\dots (2.85)$$

dimana:

M_f = momen di muka pelat, Nmm.

M_{pr} = momen maksimum di sendi plastis, Nmm.

$$M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot F_y \cdot Z_e$$

$$C_{pr} = (F_y + F_u) / 2 \cdot F_y \leq 1,2$$

V_u' = gaya geser di ujung balok, N.

$$= (2 \cdot M_{pr} / L_h) + V_u$$

L_h = jarak antara sendi plastis, mm.

S_h = jarak dari muka kolom ke sendi plastis, mm.

$$= L_{st} + t_p.$$

L_{st} = panjang pengaku, mm.

t_p = tebal pelat ujung, mm.

b. Konfigurasi sambungan

Berdasarkan AISC 358-16 pasal 6.3.2, konfigurasi sambungan dapat ditentukan menggunakan gambar berikut:

Tabel 2.19 Konfigurasi sambungan balok-kolom SRPMK

Parameter	Four-Bolt Stiffened (4ES)		Eight-Bolt Stiffened (8ES)	
	Maximum In. (mm)	Minimum In. (mm)	Maximum In. (mm)	Minimum In. (mm)
t_{bf}	$\frac{3}{4}$ (19)	$\frac{3}{8}$ (10)	1 (25)	$\frac{9}{16}$ (14)
b_{bf}	9 (229)	6 (152)	12 $\frac{1}{4}$ (311)	7 $\frac{1}{2}$ (190)
d	24 (610)	13 $\frac{3}{4}$ (349)	36 (914)	18 (457)
t_p	1 $\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{1}{2}$ (13)	2 $\frac{1}{2}$ (64)	$\frac{3}{4}$ (19)
b_p	10 $\frac{3}{4}$ (273)	7 (178)	15 (381)	9 (229)
g	6 (152)	3 $\frac{1}{4}$ (83)	6 (152)	5 (127)
p_{fi} , p_{fo}	5 $\frac{1}{2}$ (140)	1 $\frac{3}{4}$ (44)	2 (51)	1 $\frac{5}{8}$ (41)
p_b	-	-	3 $\frac{3}{4}$ (95)	3 $\frac{1}{2}$ (89)

b_{bf} = width of beam flange, in. (mm)
 b_p = width of end-plate, in. (mm)
 d = depth of connecting beam, in. (mm)
 g = horizontal distance between bolts, in. (mm)
 p_b = vertical distance between the inner and outer row of bolts in an 8ES connection, in. (mm)
 p_{fi} = vertical distance from the inside of a beam tension flange to the nearest inside bolt row, in. (mm)
 p_{fo} = vertical distance from the outside of a beam tension flange to the nearest outside bolt row, in. (mm)
 t_{bf} = thickness of beam flange, in. (mm)
 t_p = thickness of end-plate, in. (mm)

Sumber: AISC 358-16, tabel 6.1.

c. Diameter baut perlu (d_b)

Berdasarkan AISC 358-16 pasal 6.8-4, diameter baut yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$d_b = \sqrt{\frac{2M_f}{\pi \cdot \phi \cdot F_{nt} \cdot (\Sigma h)}} \dots\dots\dots (2.86)$$

dimana:

F_{nt} = kuat tarik baut, MPa.

h = jarak dari as sayap tarik ke as baut, mm.

ϕ = 0,90.

d. Tebal pelat ujung (t_p)

Berdasarkan AISC 358-16 pasal 6.8-5, tebal pelat ujung yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$t_p = \sqrt{\frac{1,11M_f}{\phi \cdot F_{yp} \cdot Y_p}} \dots \dots \dots (2.87)$$

dimana:

t_p = tebal pelat ujung, mm.

F_{yp} = tegangan leleh pelat ujung, MPa.

Y_p = parameter mekanis pelat ujung, mm.

ϕ = 1,00.

Nilai Y_p dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{P_{fo}} + \frac{1}{2s} \right) \right] + \frac{2}{g} [h_1(P_{fi} + s) + h_0(d_e + P_{fo})] \dots \dots \dots (2.88)$$

e. Tebal pelat pengaku (t_s)

Berdasarkan AISC 358-16 pasal 6.8-10, tebal pelat pengaku yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$t_s \geq t_{bw} \left(\frac{F_{yb}}{F_{ys}} \right) \dots \dots \dots (2.89)$$

dimana:

t_s = tebal pelat pengaku, mm.

F_{yb} = tegangan leleh balok, MPa.

F_{ys} = tegangan leleh pelat pengaku, MPa.

t_{bw} = tebal web balok, mm.

Tekuk lokal pada penampang pelat pengaku sambungan dapat dihindari dengan kontrol menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{h_{st}}{t_s} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_{ys}}} \dots \dots \dots (2.90)$$

f. Kontrol tahanan tumpu baut

Kuat geser dari baut menurut AISC 358-16 pasal 6.8-11 adalah:

$$V_u' \leq \phi R_n = \phi \cdot (n_b) \cdot F_{nv} \cdot A_b \dots \dots \dots (2.91)$$

dimana:

R_n = tahanan nominal baut, N.

A_b = luas baut, mm^2 .

n_b = jumlah baut.

ϕ = 0,90.

g. Kontrol kuat geser di ujung pelat sambungan dan muka kolom

Kuat geser dari baut menurut AISC 358-16 pasal 6.8-12 adalah:

$$V_u' \leq \phi R_n = \phi \cdot (n_i) \cdot r_{ni} + \phi \cdot (n_o) \cdot r_{no} \dots\dots\dots (2.92)$$

dimana:

n_i = jumlah baut dalam.

n_o = jumlah baut luar.

r_{ni}, r_{no} = $1,2 \cdot L_c \cdot t_p \cdot f_u < 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$ (untuk tiap baut).

L_c = jarak bersih dari tepi lubang ke tepi pelat, mm.

ϕ = 0,90.

h. Rasio momen pelat ujung

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.7-4, ketentuan perbandingan harga momen ujung pertemuan kolom dan balok untuk sistem rangka pemikul momen adalah sebagai berikut:

$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pb}} > 1 \dots\dots\dots (2.93)$$

dimana:

ΣM_{pc} = jumlah momen pelat ujung pada kolom, Nmm.

$\Sigma M_{pc} = 2 \cdot Z_c \cdot (f_{yc} \cdot P_{uc} / A_g)$.

ΣM_{pb} = jumlah momen pelat ujung pada balok, Nmm.

$\Sigma M_{pc} = \Sigma M_f$.

2. Sambungan baut.

Alat sambung utama yang digunakan pada perencanaan ini adalah baut mutu tinggi. Kelebihan dari baut sendiri dibandingkan alat sambung lain, yaitu:

1. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit.
2. Kemampuan menerima gaya yang lebih besar.
3. Lebih mudah dan ekonomis.

Baut mutu tinggi dalam pemasangannya memerlukan gaya tarik awal yang cukup dan diperoleh dari pengencangan awal. Gaya ini akan memberikan friksi sehingga cukup untuk memikul momen yang bekerja.

Berikut merupakan tabel beberapa tipe baut dengan kekuatan nominal pengencang dan bagian berulir sesuai SNI 1729-2015 pasal J3.1, adalah sebagai berikut:

Tabel 2.20 Kekuatan nominal pengencang dan bagian berulir, ksi (MPa)

Deskripsi Pengencang	Kekuatan Tarik Nominal, F_{nt} , ksi (MPa) ^[a]	Kekuatan Geser Nominal dalam Sambungan Tipe Tumpu, F_{nv} , ksi (MPa) ^[b]
Baut A307	45 (310)	27 (188) ^{[c][d]}
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	90 (620)	54 (372)
Baut group A (misal, A325), bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	90 (620)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	113 (780)	68 (457)
Baut A490 atau A490M, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	113 (780)	84 (579)

[a]Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3
 [b]Untuk ujung sambungan yang dibebani dengan panjang pola pengencang lebih besar dari 38 in. (965 mm), F_{nv} harus direduksi sampai 83,3 % dari nilai tabulasi. Panjang pola pengencang merupakan jarak maksimum sejajar dengan garis gaya antara sumbu baut-baut yang menyambungkan dua bagian dengan satu permukaan lekatan.
 [c]Untuk baut A307 nilai yang ditabulasikan harus direduksi sebesar 1 persen untuk setiap 1/16 in. (2 mm) di atas diameter 5 dari panjang pada pegangan/grip tersebut.
 [d]Ulir diizinkan pada bidang geser.

Sumber: SNI 1729-2015, tabel J3.2, hal. 125.

Suatu baut yang memikul beban terfaktor, sesuai persyaratan LRFD Kuat rencana (R_u) tidak boleh kurang dari kekuatan perlu yang ditentukan dalam SNI 1729-2015 pasal B3-1:

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots (2.94)$$

Kuat rencana komponen struktur diambil dari kuat nominalnya yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) sebesar 0,75, dengan R_n adalah tahanan nominal baut, dan besarnya R_n berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

a. Tahanan Geser Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya geser memenuhi persamaan:

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b \dots\dots\dots (2.95)$$

b. Tahanan Tarik Baut

Tahanan nominal satu buah baut yang memikul gaya tarik memenuhi persamaan:

$$R_n = F_{nt} \cdot A_b \dots\dots\dots (2.96)$$

c. Tahanan Tumpu Baut

Tahanan tumpu nominal tergantung kondisi yang terlemah dari baut atau komponen pelat yang disambung. Besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \dots\dots\dots (2.97)$$

dengan:

R_n = tahanan nominal baut, N.

F_{nv} = kuat geser baut, MPa.

F_{nt} = kuat tarik baut, MPa.

A_b = luas baut, mm².

f_u = tegangan putus baja, MPa.

t_p = tebal pelat penyambung, mm.

d. Kontrol keruntuhan akibat geser blok

Menurut Setiawan (2008;41), tahanan nominal tarik dan keruntuhan yang diberikan geser blok adalah sebagai berikut :

1. Geser leleh – tarik fraktur ($f_u \cdot A_{nt} \geq 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$)

$$T_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + f_u \cdot A_{nt} \dots\dots\dots (2.98)$$

2. Geser fraktur – tarik leleh ($f_u \cdot A_{nt} < 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv}$)

$$T_n = 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + f_y \cdot A_{gt} \dots\dots\dots (2.99)$$

dengan:

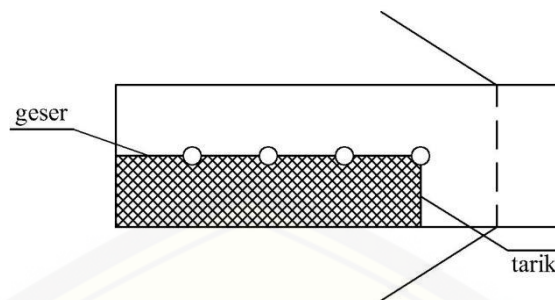
A_{gv} = luas kotor akibat geser, mm².

A_{gt} = luas kotor akibat tarik, mm².

A_{nv} = luas bersih akibat geser, mm².

A_{nt} = luas bersih akibat tarik, mm².

Berikut gambar keruntuhan akibat geser blok:



Gambar 2.14 keruntuhan geser blok

e. Tata letak baut

Tata letak baut yang diatur dalam SNI 1729-2015 pasal J3.3, menyebutkan bahwa jarak antar pusat lubang baut harus diambil tidak kurang dari $2\frac{2}{3}$ kali diameter nominal baut (d) atau diambil jarak $3d$ yang lebih sering digunakan. Jarak minimum antara baut tepi dengan ujung pelat (S_1) ditentukan sesuai SNI 1729-2015 pasal J3.4, dalam tabel berikut:

Tabel 2.21 Jarak tepi minimum dari pusat lubang ke ujung pelat

Diameter Baut (mm)	Jarak Tepi Minimum
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	$1,25d$

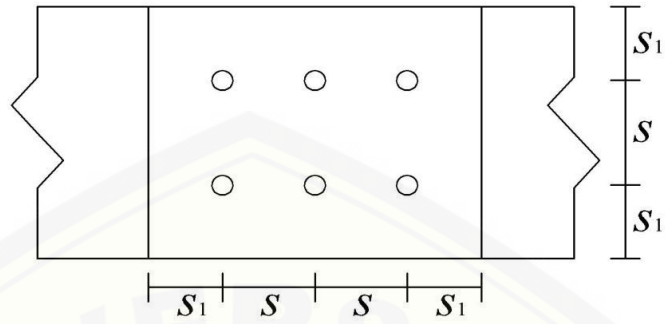
[a]Jika diperlukan, jarak tepi terkecil diizinkan asalkan ketentuan yang sesuai Pasal J3.10 dan J4 dipenuhi, tetapi jarak tepi yang kurang dari satu diameter baut tidak diizinkan tanpa persetujuan dari *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

[b]Untuk ukuran-berlebih atau lubang-lubang slot, lihat Tabel J3.5M.

Sumber: SNI 1729-2015, tabel J3.4M, hal. 128.

Jarak maksimum dari pusat setiap baut ke tepi terdekat dari bagian-bagian dalam kontak sesuai SNI 1729-2015 pasal J3.5, tidak boleh melebihi $12t_p$ (dengan t_p adalah tebal pelat tertipis pada sambungan) atau

tidak boleh melebihi 150 mm. Berikut gambar tata letak baut dan batas jarak yang diperbolehkan:



$$3d_b < S < 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$S_1 < 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Gambar 2.15 Tata letak baut

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

1.1 Data Perencanaan

Pada bab ini akan dijelaskan tentang prosedur perencanaan ulang gedung laboratorium dan kelas bersama CDAST 1 Universitas Jember menggunakan struktur rangka baja. Struktur gedung yang awalnya menggunakan beton bertulang, peneliti akan melakukan kajian perencanaan ulang dengan mengganti material struktur menggunakan material baja. Mutu bahan yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah:

1. Mutu baja (BJ 41): Tegangan leleh baja (f_y) = 250 MPa
Tegangan putus baja (f_u) = 410 Mpa
2. Mutu beton K-350 (f_c') = 29,05 MPa
3. Tegangan leleh tulangan ulir (f_y) = 400 Mpa

1.2 Metodologi Perencanaan

Suatu perencanaan harus dilakukan dengan sistematika yang jelas dan teratur, sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan. Berikut tahapan dalam perencanaan:

1. Tahap 1
Tahap persiapan, dimana peneliti melakukan persiapan sebelum perencanaan yaitu pengumpulan data dan informasi struktur.
2. Tahap 2
Tahap penentuan konfigurasi gedung untuk menentukan jenis gedung beraturan atau gedung tak beraturan.
3. Tahap 3
Tahap penentuan pengaruh gempa untuk menentukan metode analisa gempa statis atau gempa dinamis.

4. Tahap 4
Tahap penentuan kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek (S_{DS}) dan respon percepatan pada periode 1 detik (S_{DI}).
5. Tahap 5
Tahap pemilihan sistem struktur penahan gempa berdasarkan kategori desain seismik.
6. Tahap 6
Tahap pemodelan struktur, yaitu tahap memodelkan struktur portal gedung menjadi bentuk struktur 3 dimensi.
7. Tahap 7
Tahap pendimensian awal pelat, tangga, kolom dan balok. Pendimensian awal dilakukan secara coba-coba sampai memenuhi syarat aman.
8. Tahap 8
Tahap pembebanan struktur gedung terhadap beban kombinasi yang bekerja. Beban yang digunakan adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.
9. Tahap 9
Perhitungan analisis struktur gedung menggunakan program SAP 2000 v.14 untuk mendapatkan nilai momen, gaya aksial, dan gaya geser.
10. Tahap 10
Tahap pemenuhan persyaratan sistem SRPMK untuk kriteria kekuatan, kekakuan, spesifikasi bahan, simpangan (defleksi) antar lantai.
11. Tahap 11
Tahap perencanaan pelat, tangga, kolom, balok dan sambungan yang aman.
12. Tahap 12
Tahap kontrol terhadap gaya dalam yang terjadi pada semua komponen struktur untuk gaya dalam momen, tekan, dan geser.
13. Tahap 9

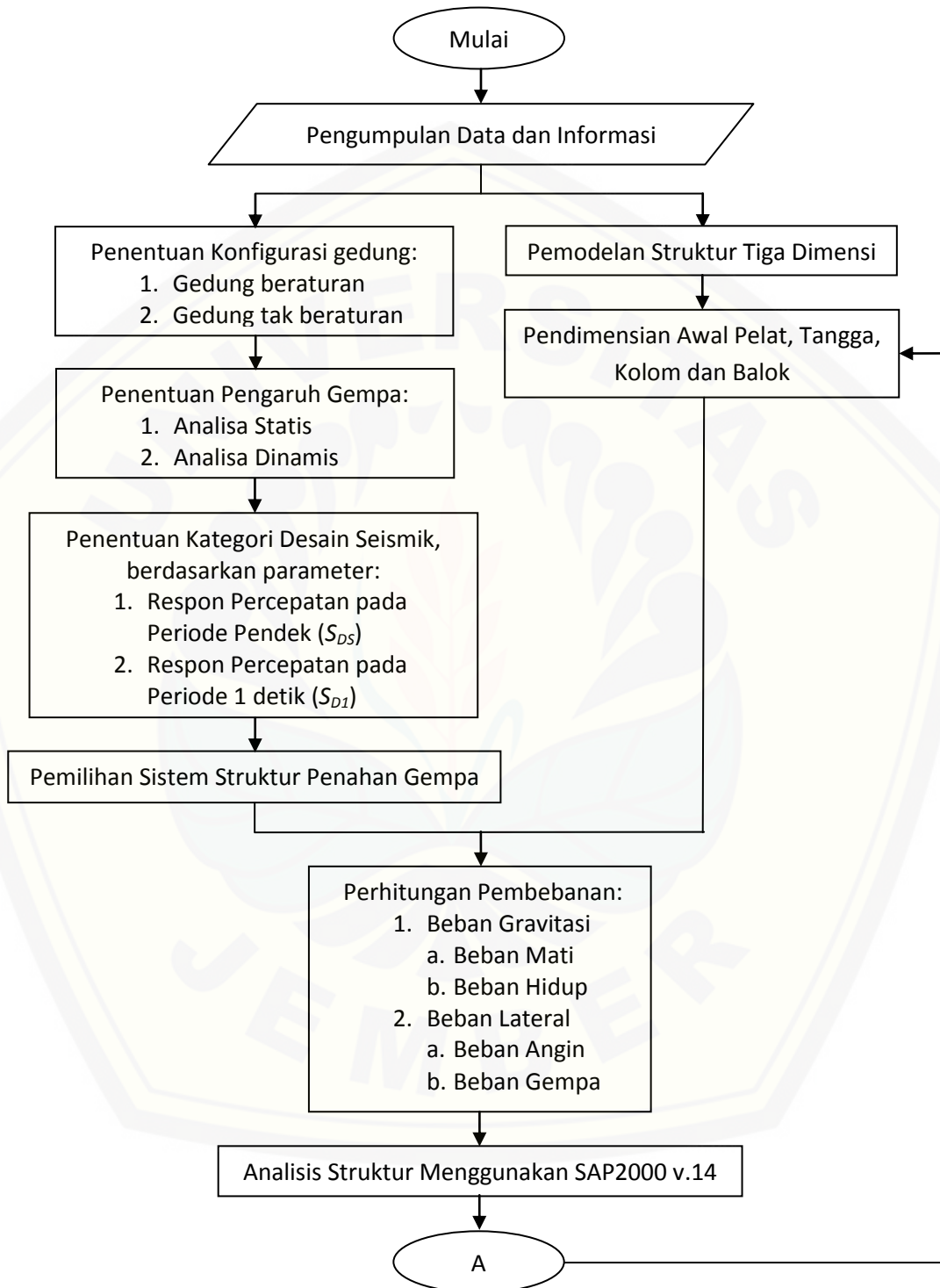
Tahap penggambaran hasil desain berdasarkan perencanaan struktur yang aman.

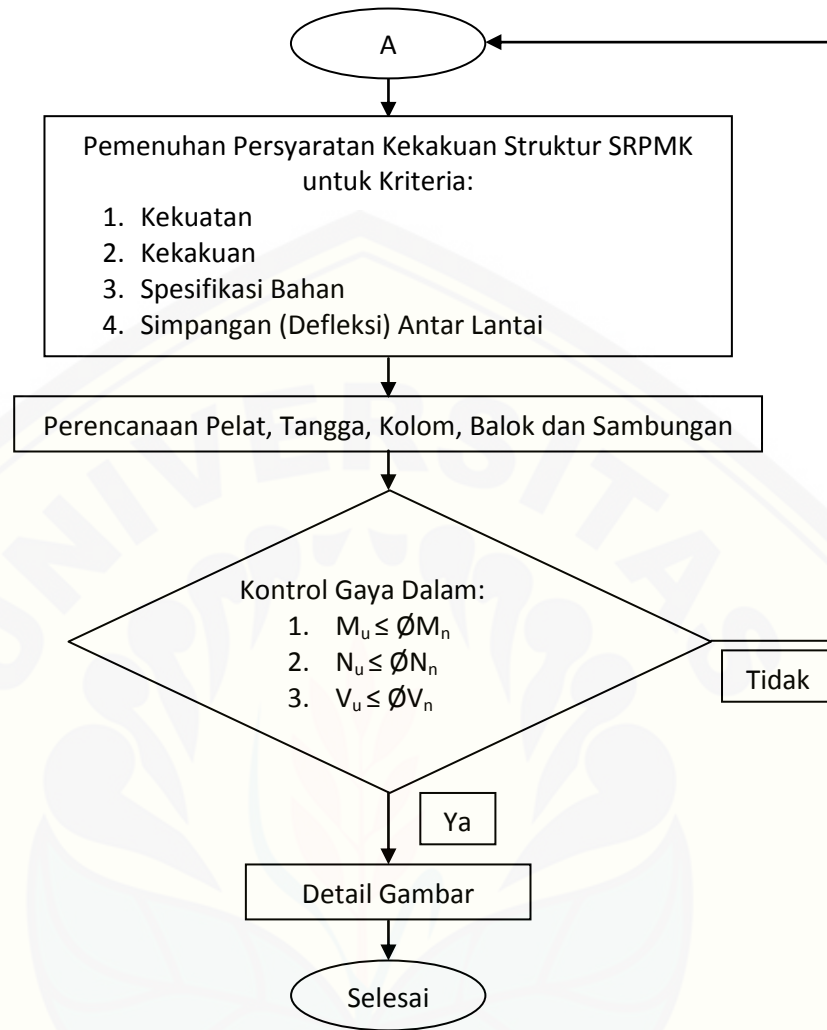
14. Tahap 10

Tahap pengambilan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang sesuai dengan tujuan perencanaan.



Berikut diagram alir perencanaan:





Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan desain gedung CDAST 1 menggunakan struktur baja, diketahui bahwa komponen struktur gedung telah memenuhi syarat untuk perencanaan gedung tahan gempa untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dalam hal kekuatan, kekakuan, spesifikasi bahan, dan simpangan (defleksi). Syarat kekuatan mengacu pada metode LRFD, dimana setiap komponen struktur mampu menahan reaksi beban yang bekerja pada gedung. Syarat kekakuan (stabilitas penampang kompak), dimana setiap komponen struktur diperhitungkan mampu menahan tekuk lokal (untuk sayap dan badan profil) dan mampu menahan tekuk lateral akibat geser dan torsi. Syarat spesifikasi bahan, dimana bahan yang digunakan berdaya dukung tinggi sehingga mampu berdeformasi cukup besar tanpa mengalami fraktur. Syarat simpangan (defleksi), dimana gedung mampu menahan gaya lateral yang besar akibat gempa sehingga tidak terjadi guling.

Komponen struktur yang digunakan dalam desain adalah sebagai berikut:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| 1. Kolom utama (K1) | : WF 400.400.20.35 |
| 2. Kolom tangga dan pemisah lift (K2) | : WF 250.250.14.14 |
| 3. Balok induk (BI) | : WF 400.300.10.16 |
| 4. Balok anak 1 (Ba1) | : WF 350.250.9.14 |
| 5. Balok anak 2 (Ba2) | : WF 250.175.7.11 |
| 6. Balok anak 3 (Ba3) | : WF 200.150.6.9 |

Sambungan untuk sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang digunakan adalah *Four Bolt Extended Stiffened End-Plate* (sambungan plat ujung diperluas dengan empat baut) yang mengacu pada peraturan AISC 358-16 “*Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications*”.

1.2 Saran

Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk merencanakan struktur bawah gedung laboratorium dan kelas bersama (CDAST 1) universitas jember yang telah didesain ulang menggunakan struktur baja.



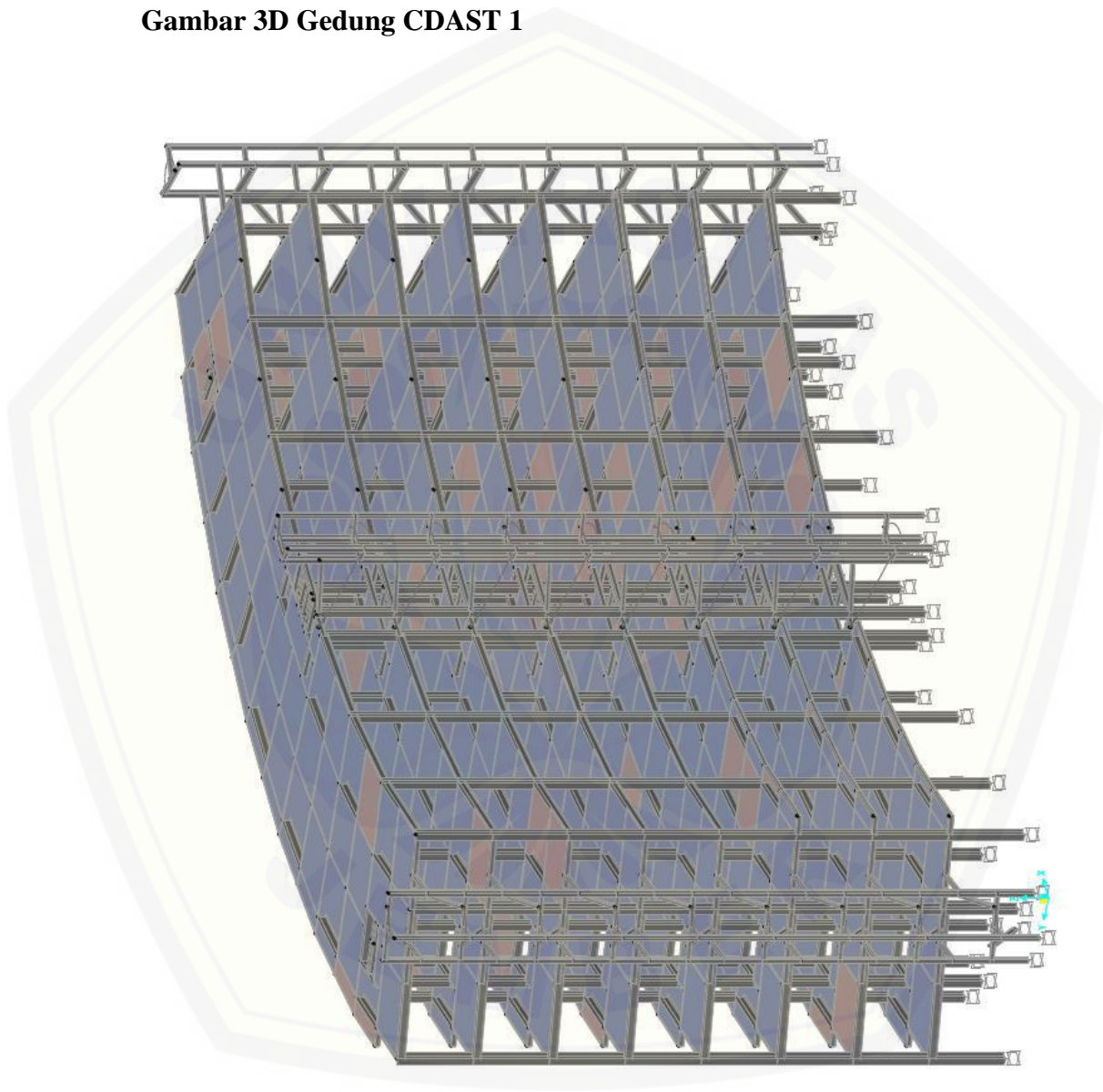
DAFTAR PUSTAKA

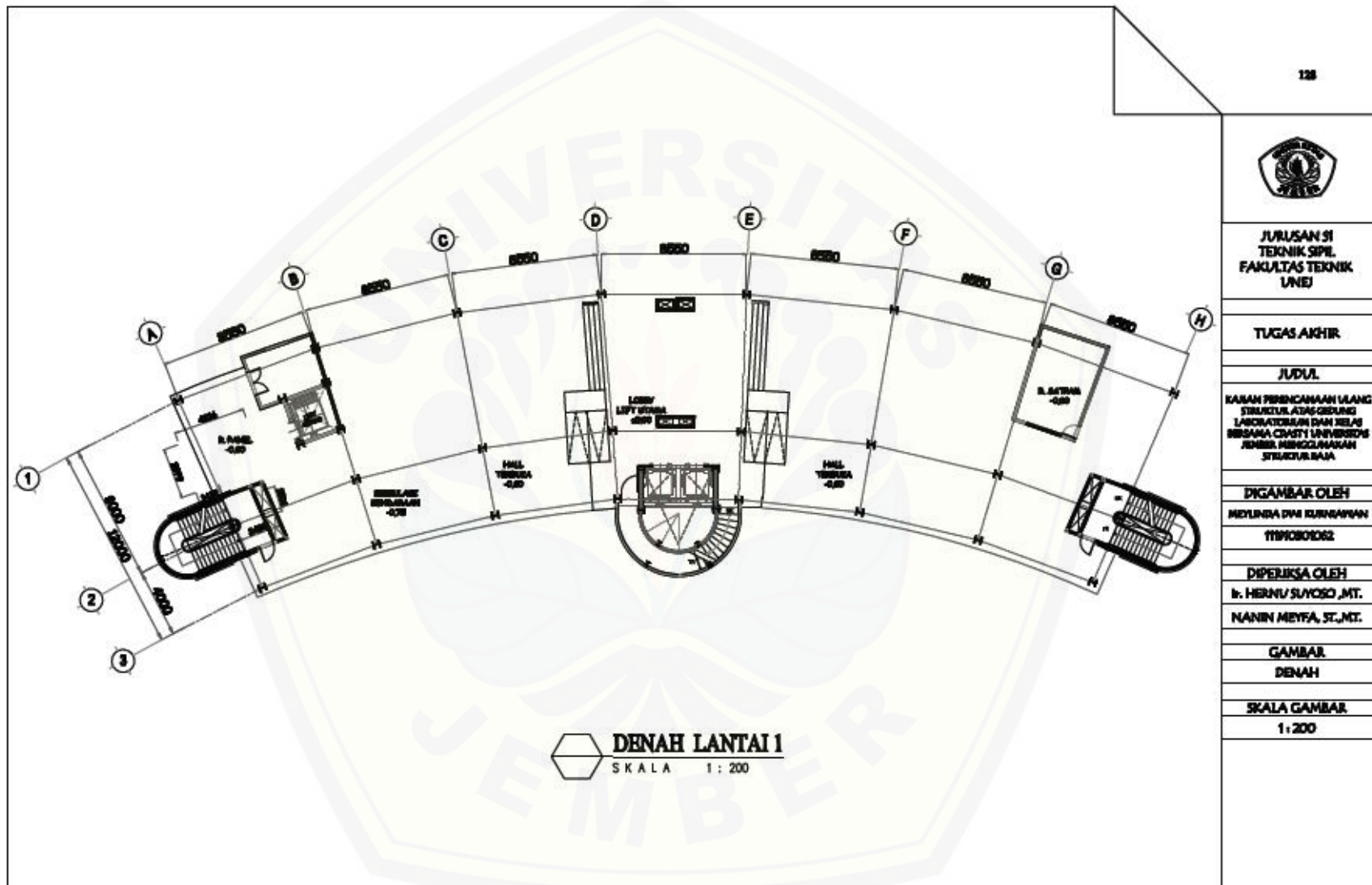
- An American National Standard. 2016. ANSI / AISC 358-16, *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Application*. American Institute of Steel Construction, Chicago.
- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 1726-2002, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Departemen Pekerjaan umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. SNI 03-1729-2002, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. SNI 1726-2012, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Departemen Pekerjaan umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 1727-2013, *Beban Minimum untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain*. Departemen Pekerjaan umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 2847-2013, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan umum.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. SNI 1729-2015, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Departemen Pekerjaan umum.
- Dewabroto, Wiryanto. 2013. *Struktur Baja Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*. Lumina Press, Jakarta.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Yayasan LPMB, Bandung.
- <http://meteo.bmkg.go.id/prakiraan/propinsi/16>
- http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
- Laksono, Taufik Dwi. 2012. *Tinjauan Perbandingan Perhitungan Struktur Bangunan Gedung yang Menggunakan Bata Merah dengan Bata Ringan*. Jurnal, Universitas Wijayakusuma, Purwokerto.

- Nasution, Fauziah. 2014. *Perbandingan Analisis Statik Ekuivalen dan Analisis Dinamik Ragam Spektrum Respons Pada Struktur Beraturan dan Ketidakberaturan Massa Sesuai RSNI 03-1726-2012*. Jurnal, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Sampakang, Jusak Jan. 2013. *Perencanaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Komponen Balok-Kolom dan Sambungan Struktur Baja Gedung BPJN XI*. Jurnal, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Erlangga, Semarang.
- Vemmy, Yudith. 2017. *Perkuatan Gedung dengan Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) Studi Kasus Menggunakan Layout Gedung Laboratorium C-DAST dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

LAMPIRAN

Gambar 3D Gedung CDAST 1





128



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS ORGUNG
LABORATORIUM DAN RELAS
BERSAMA CHARTER UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DMI KURNIAWAN
11190101062

DIPERIKSA OLEH

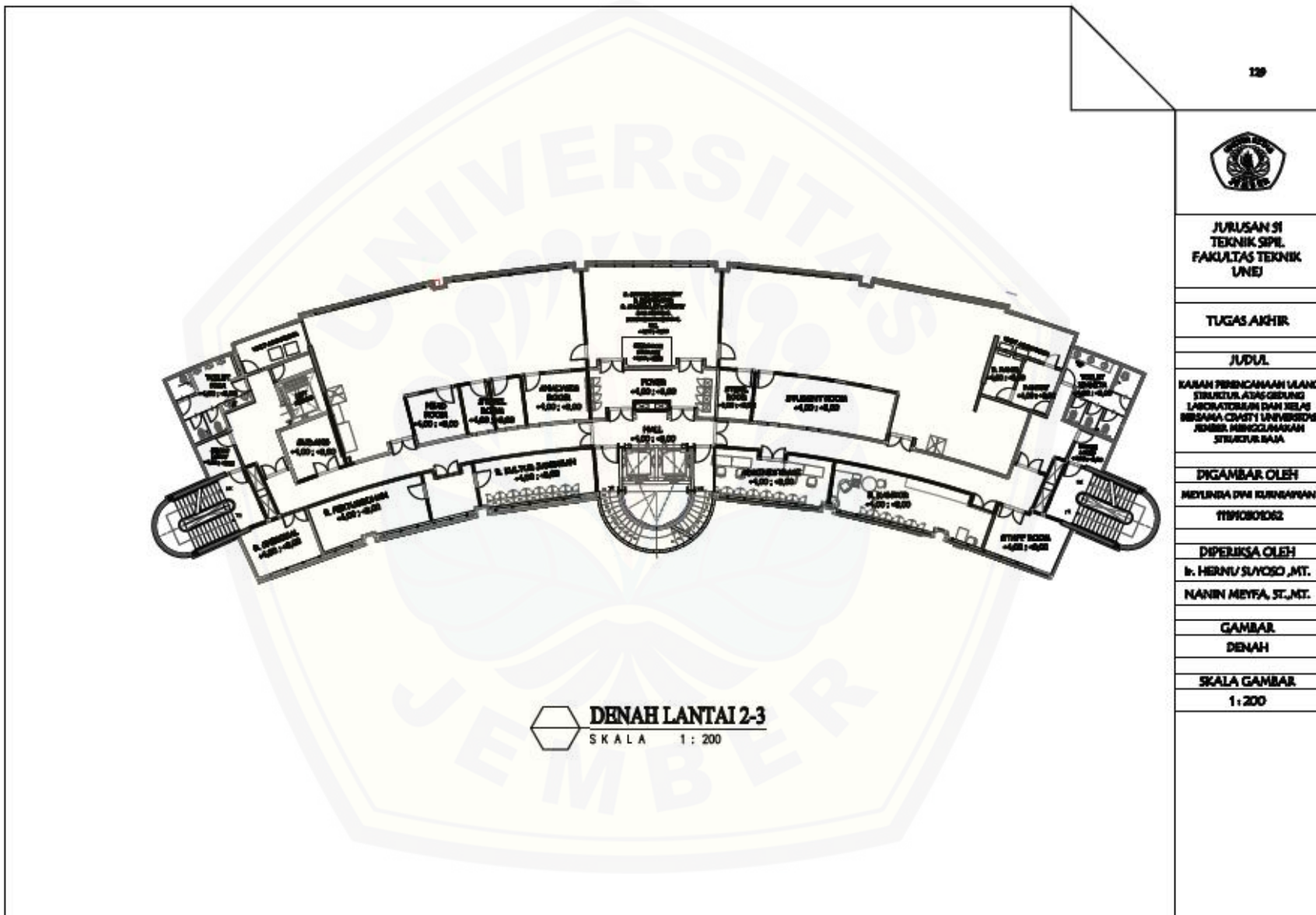
Ir. HERNI SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DENAH

SKALA GAMBAR

1 : 200



129



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAMAH PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS BUDUNG
LABORATORIUM DAN RELAS
BERSAMA CEMASTI UNIVERSITAS
JEMBER. MEMBUKA KAMAH
STRUKTUR BAKA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DWI KURNIAWAN
TIPOBODONG

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.

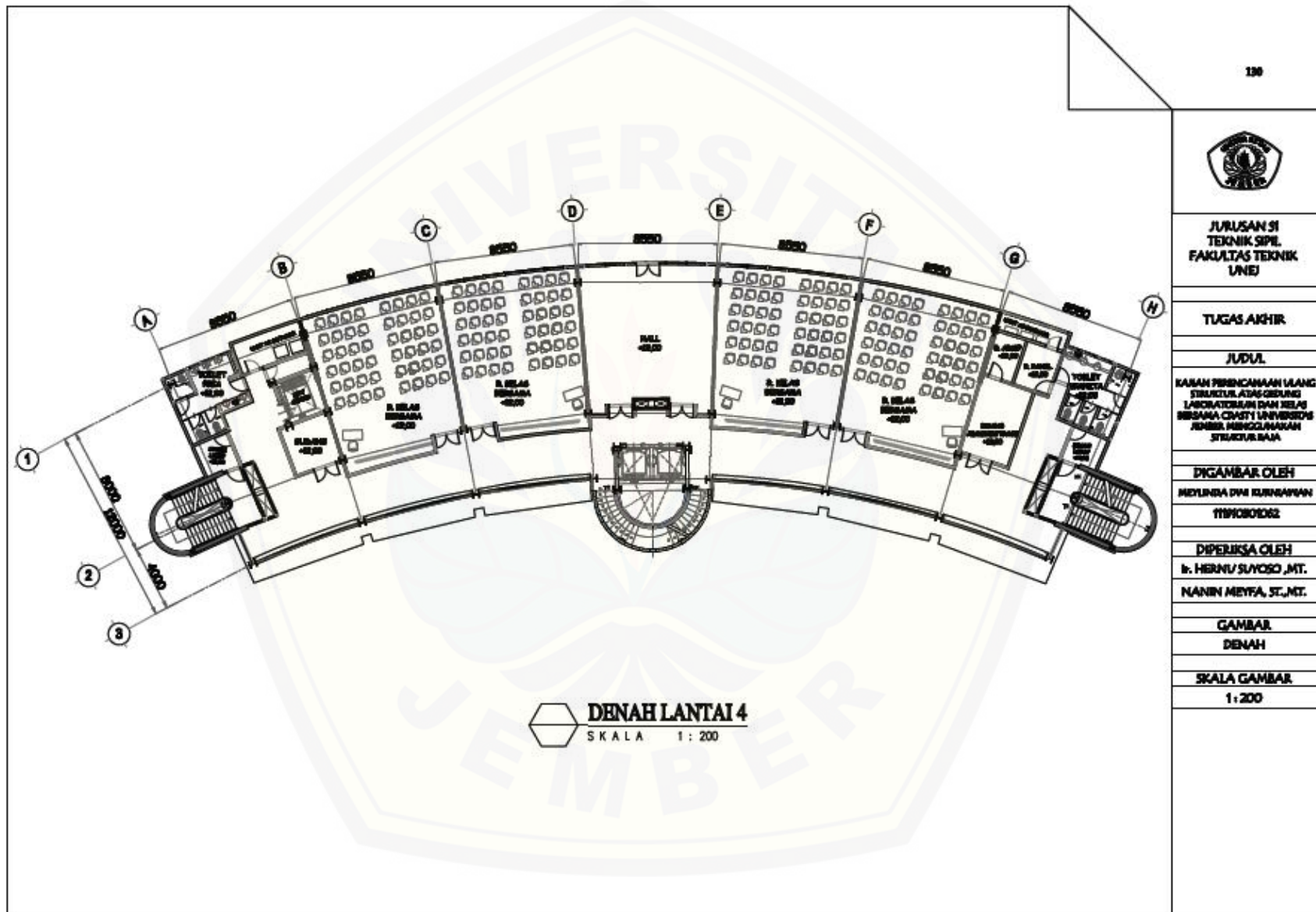
GAMBAR

DENAH

SKALA GAMBAR

1:200

DENAH LANTAI 2-3
SKALA 1:200



130



**JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ**

TUGAS AKHIR

JUDUL

**KARAKTERISAN RENCANA ULANG
STRUKTUR ATAS BUDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BERSAMA CRAFT1 UNIVERSITAS
JEMBER BERKELAKUKAN
STRUKTUR BAHU**

DIGAMBAR OLEH

**MEYLINDA DMI KURNAWAN
11190201062**

DIPERIKSA OLEH

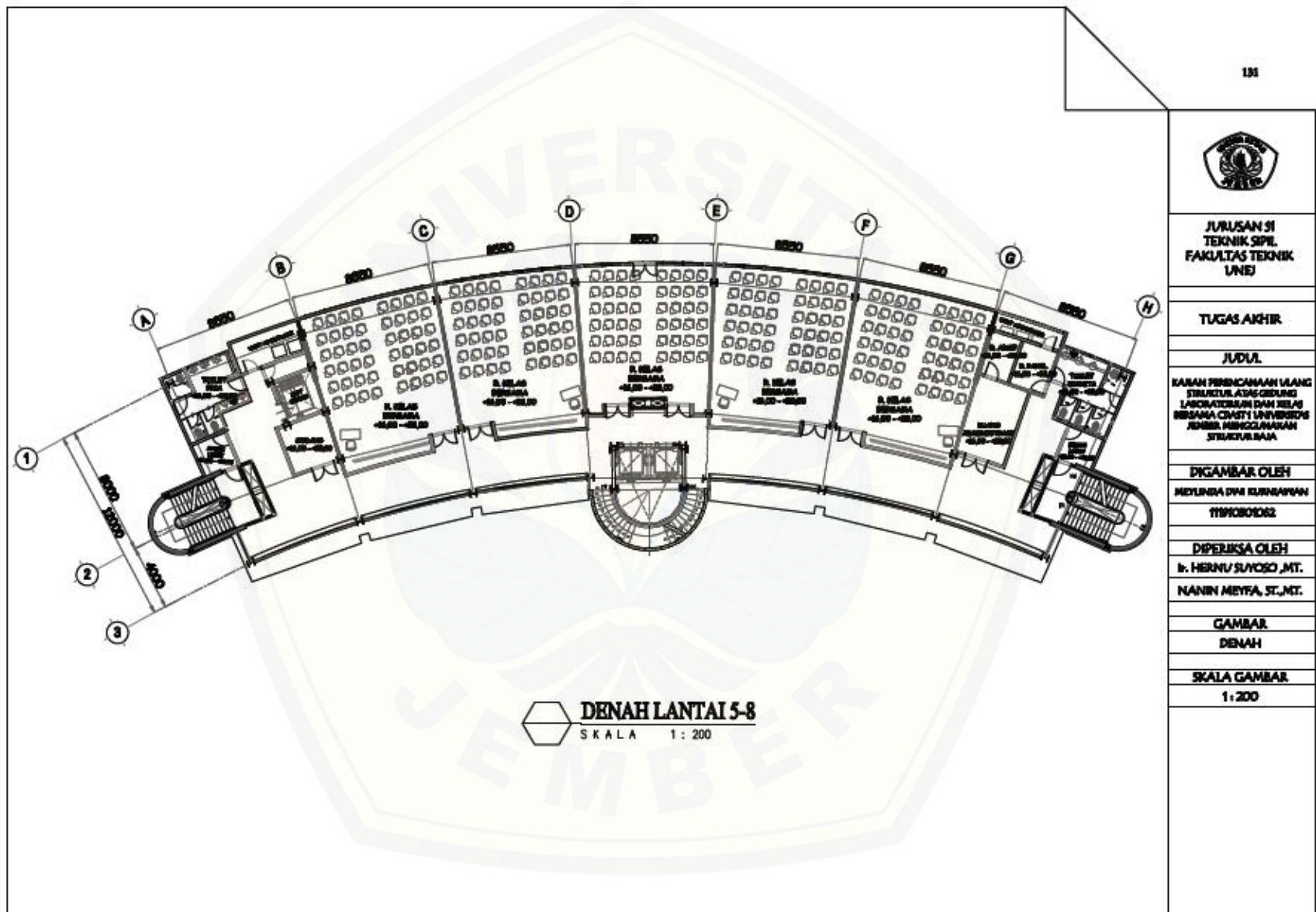
**Ir. HERNI SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.**

GAMBAR

DENAH

SKALA GAMBAR

1 : 200



131



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

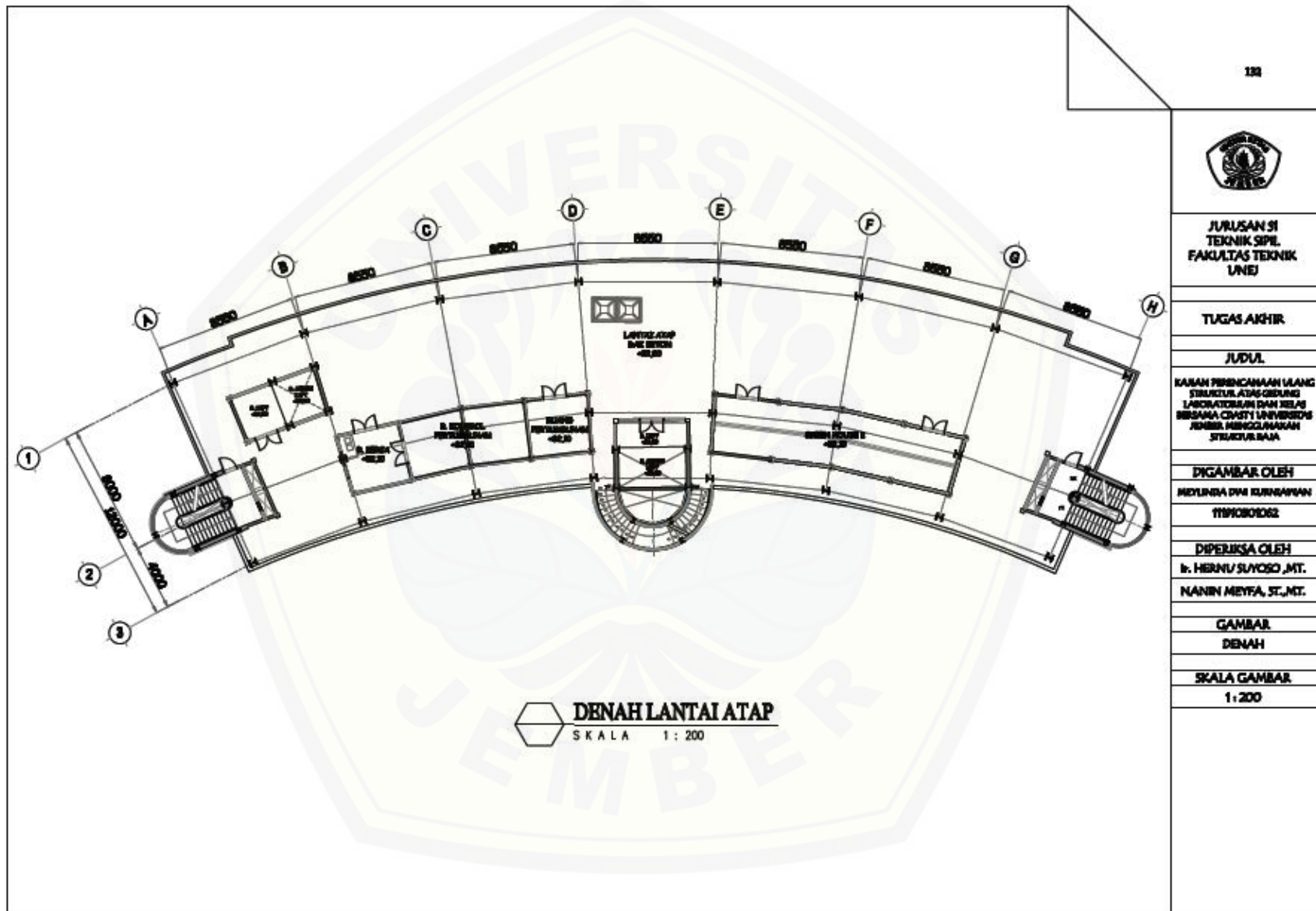
KARAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS Gedung
LABORATORIUM DAN BELAS
BESAH CIVICITY UNIVERSITAS
JEMBER, BERKUALIFIKASIKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH
MEYLINDA DPM KURNIAWAN
1190301062

DIPERIKSA OLEH
Ir. HERNU SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST, MT.

GAMBAR
DENAH

SKALA GAMBAR
1:200



131



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

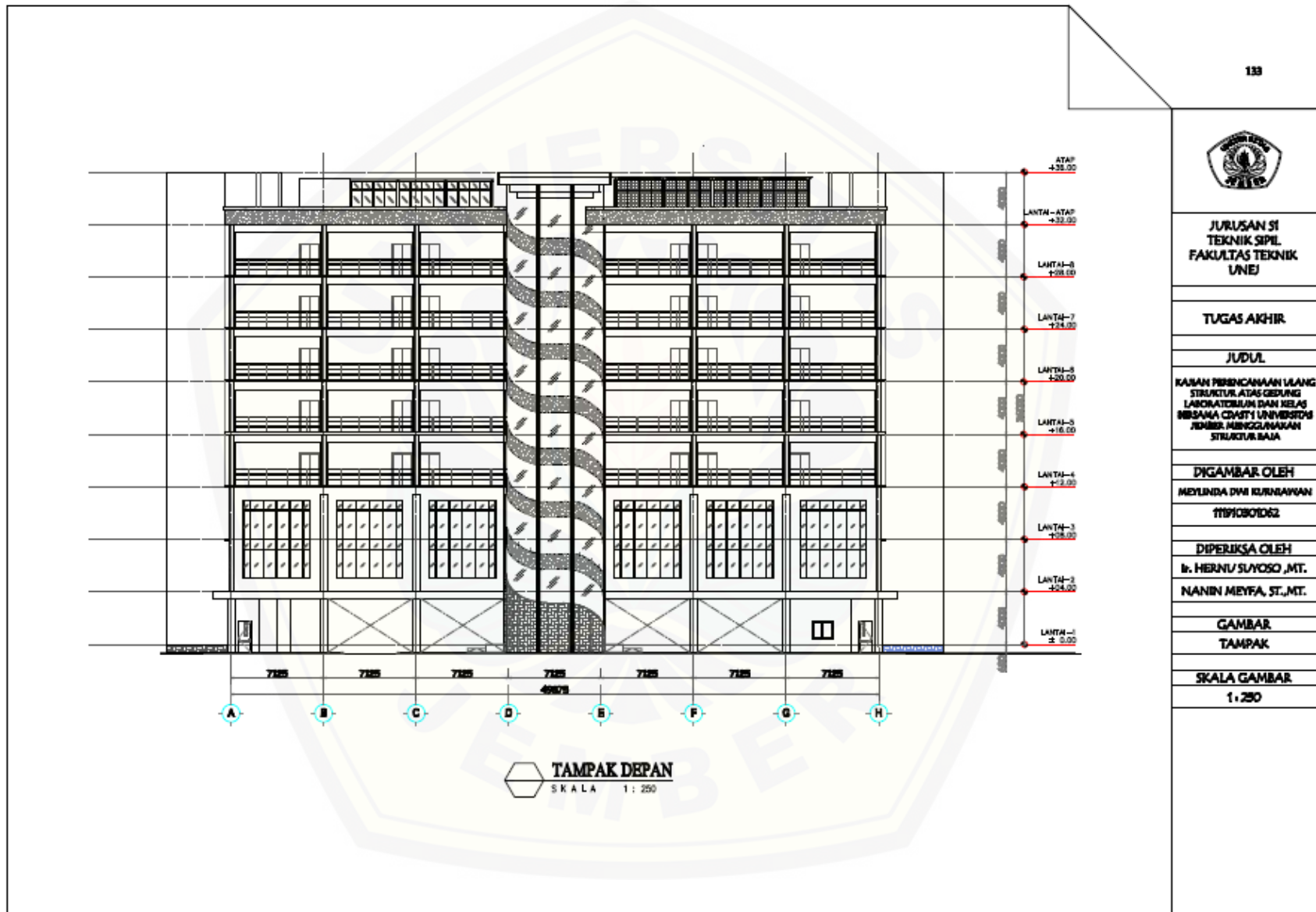
KAJIAN PERENCANAAN LANSING
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BERSAMA CRAFTY UNIVERSITAS
JEMBER, PERENCANAAN
STRUKTUR BAJA

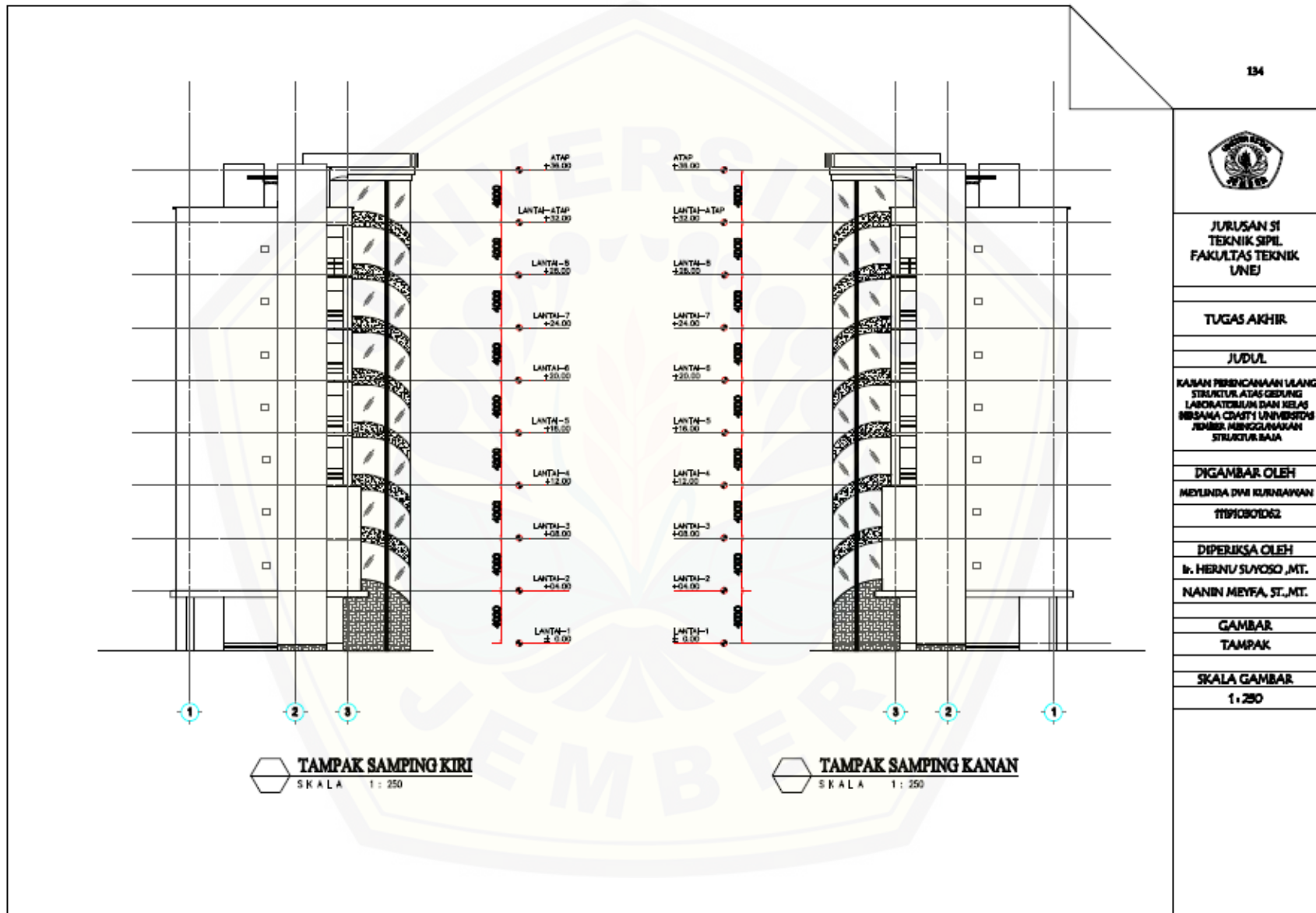
DIGAMBAR OLEH
MEYUNDA DWI KURNIAWAN
1191020062

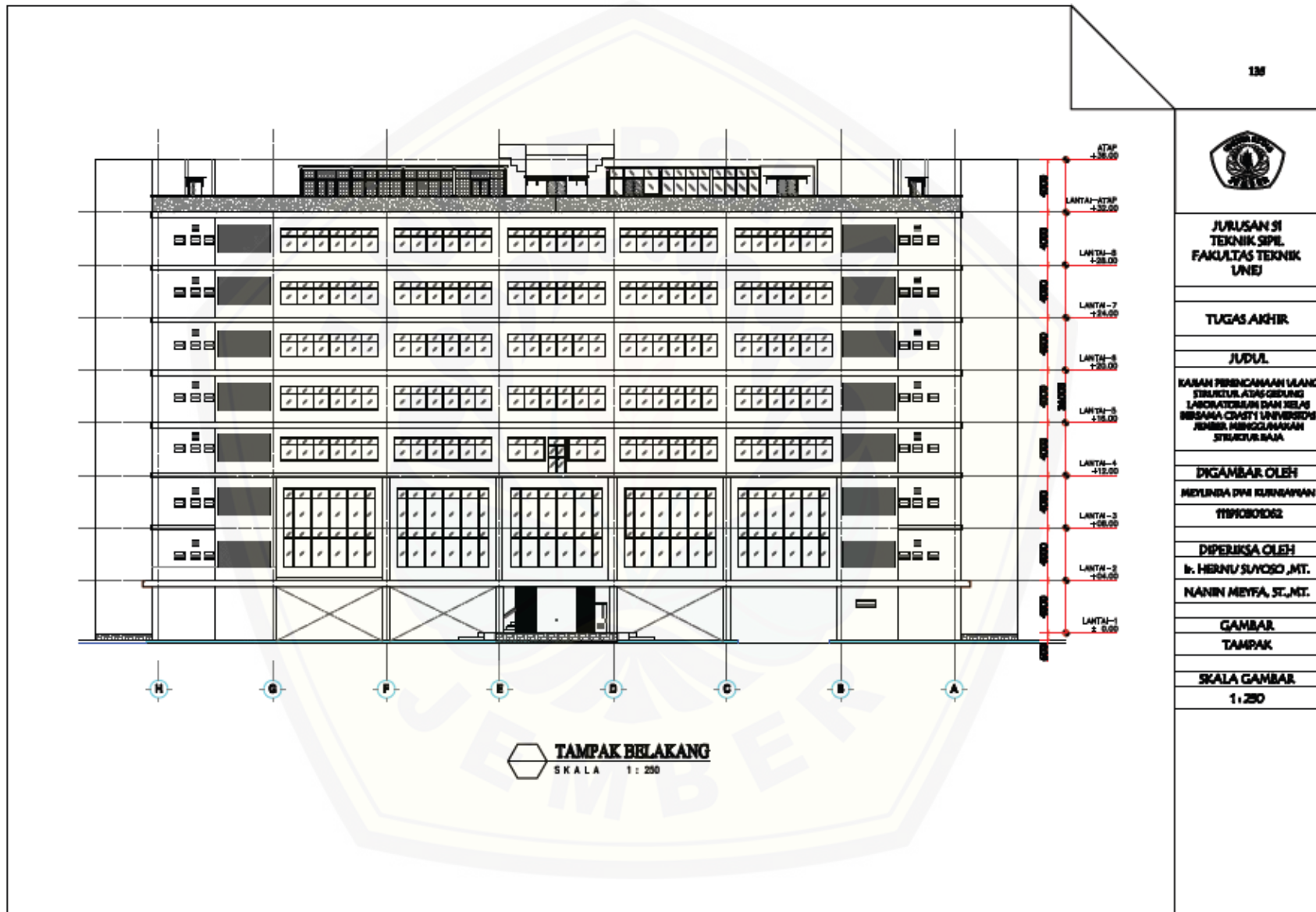
DIPERIKSA OLEH
Ir. HERNU SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.

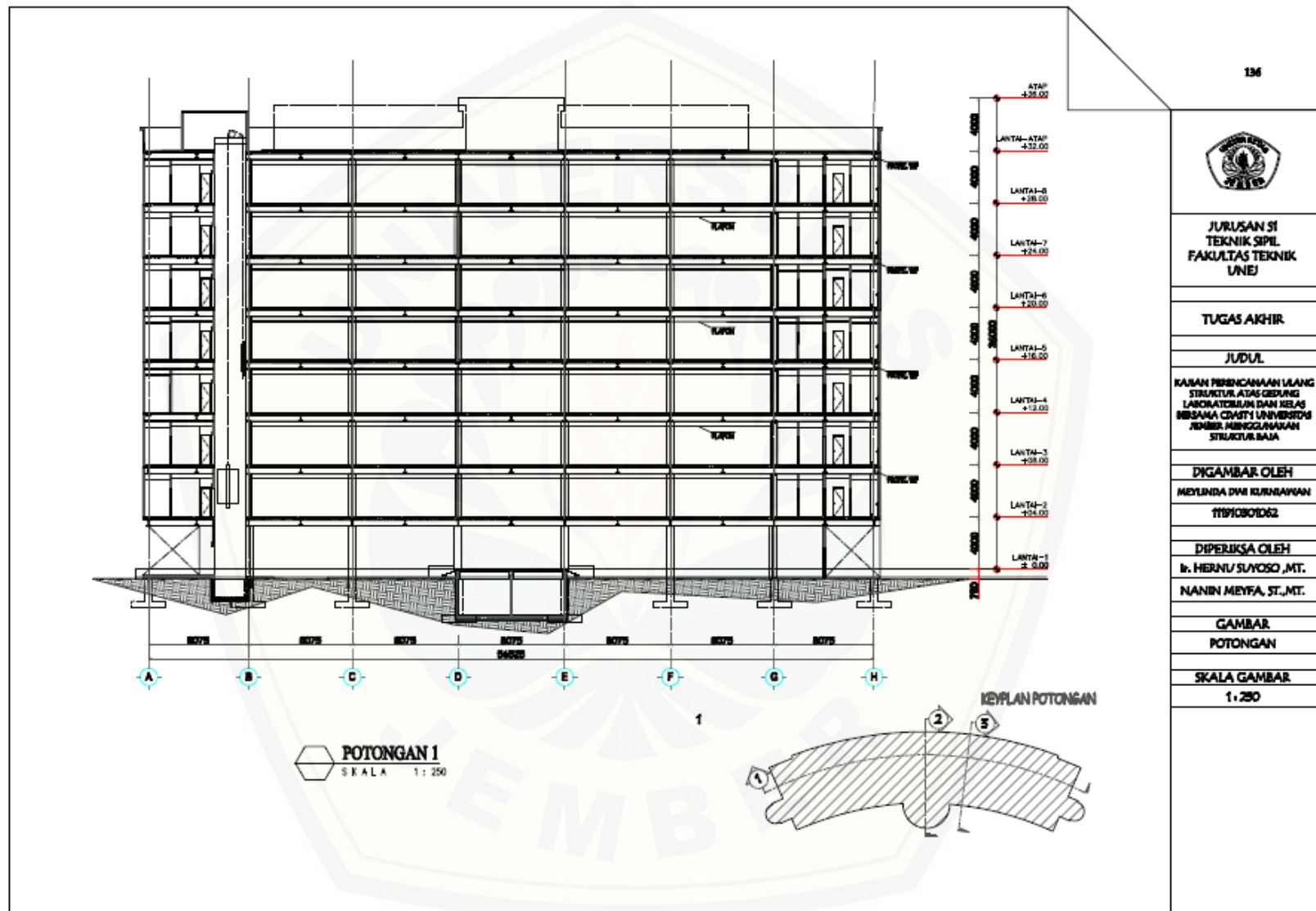
GAMBAR
DENAH

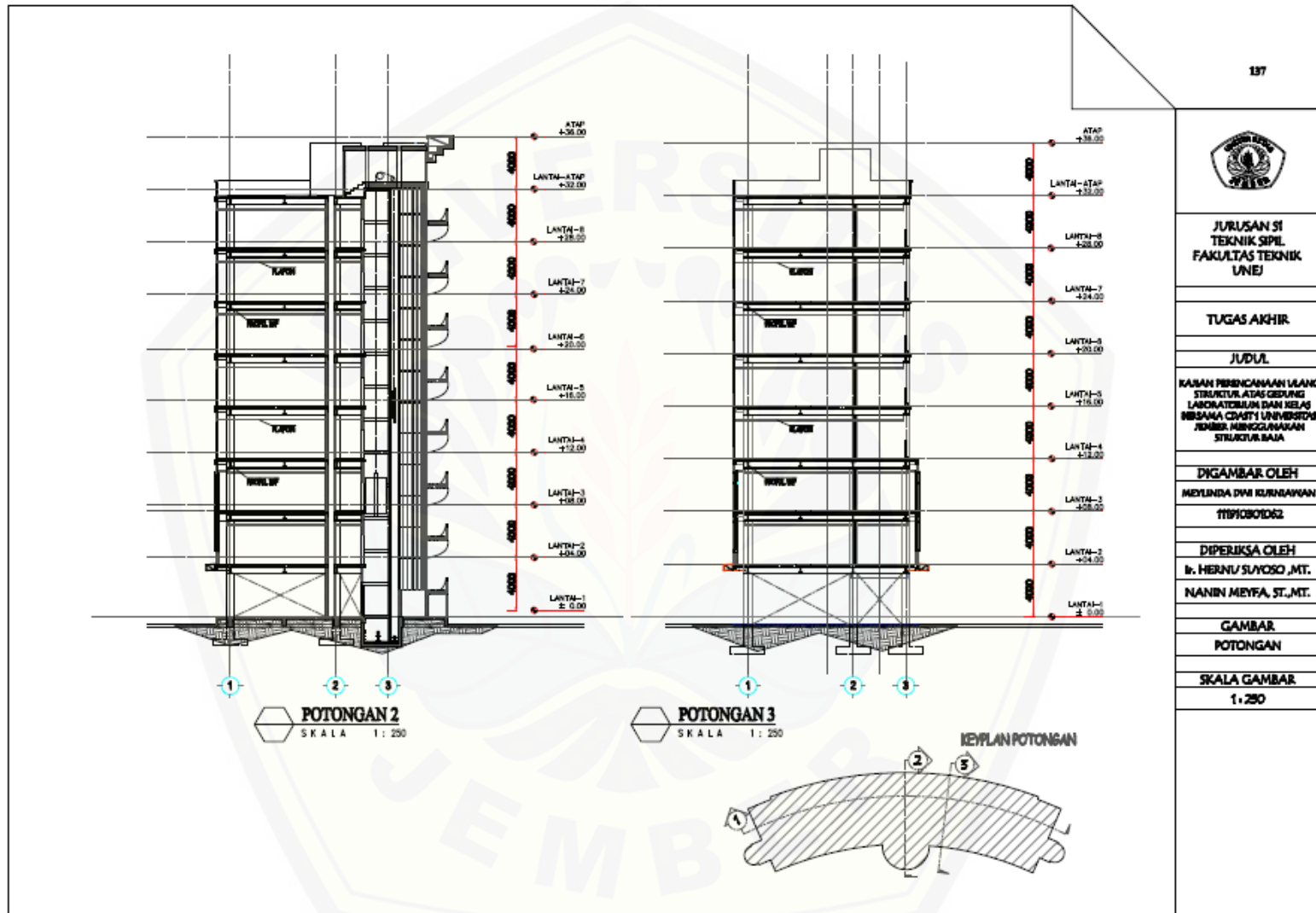
SKALA GAMBAR
1 : 200











137



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS Gedung
LABORATORIUM DAN KELAS
INSANA CIVITAS UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DWI KURNIAWAN
1119102062

DIPERIKSA OLEH

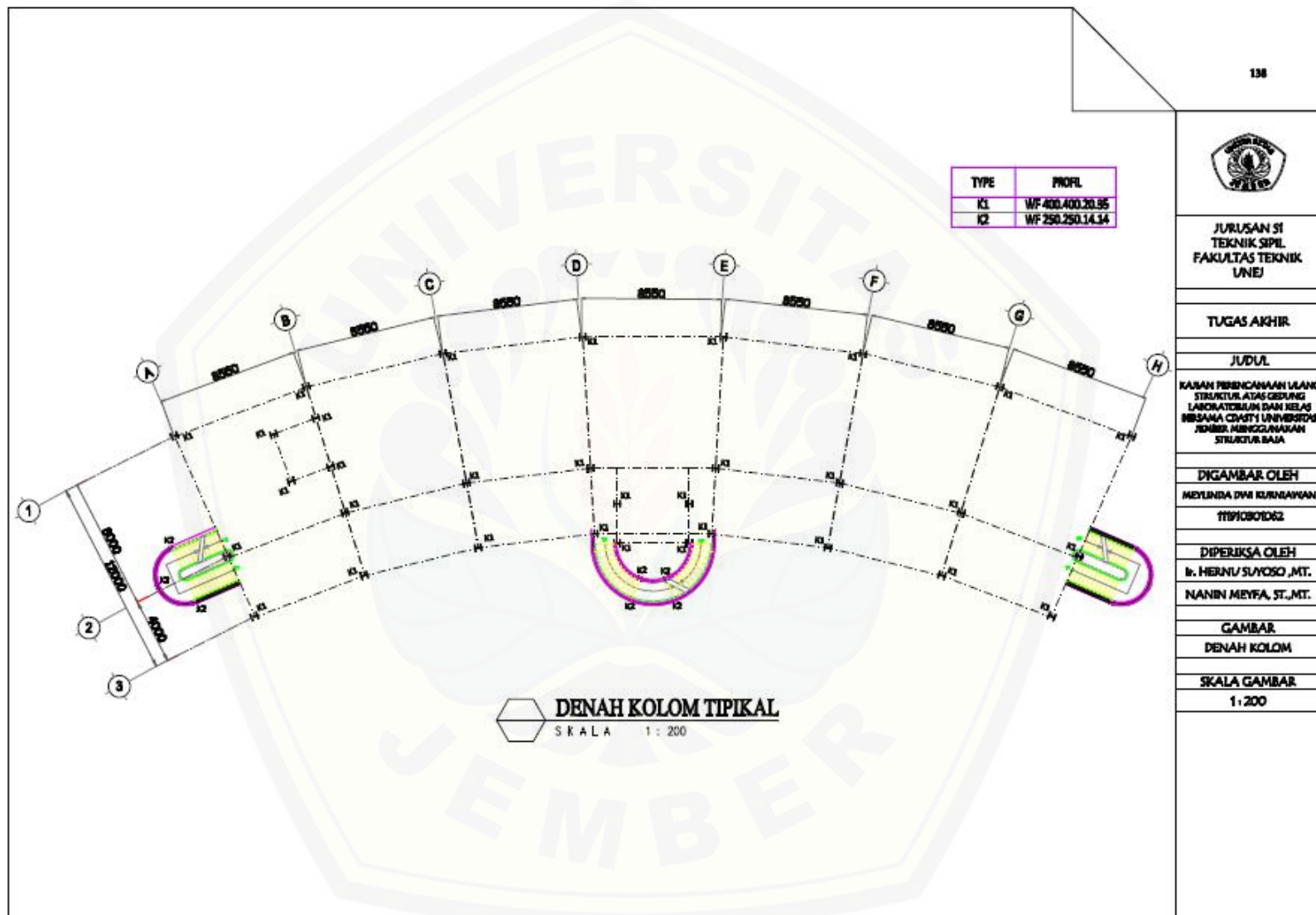
Ir. HERNI/ SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.

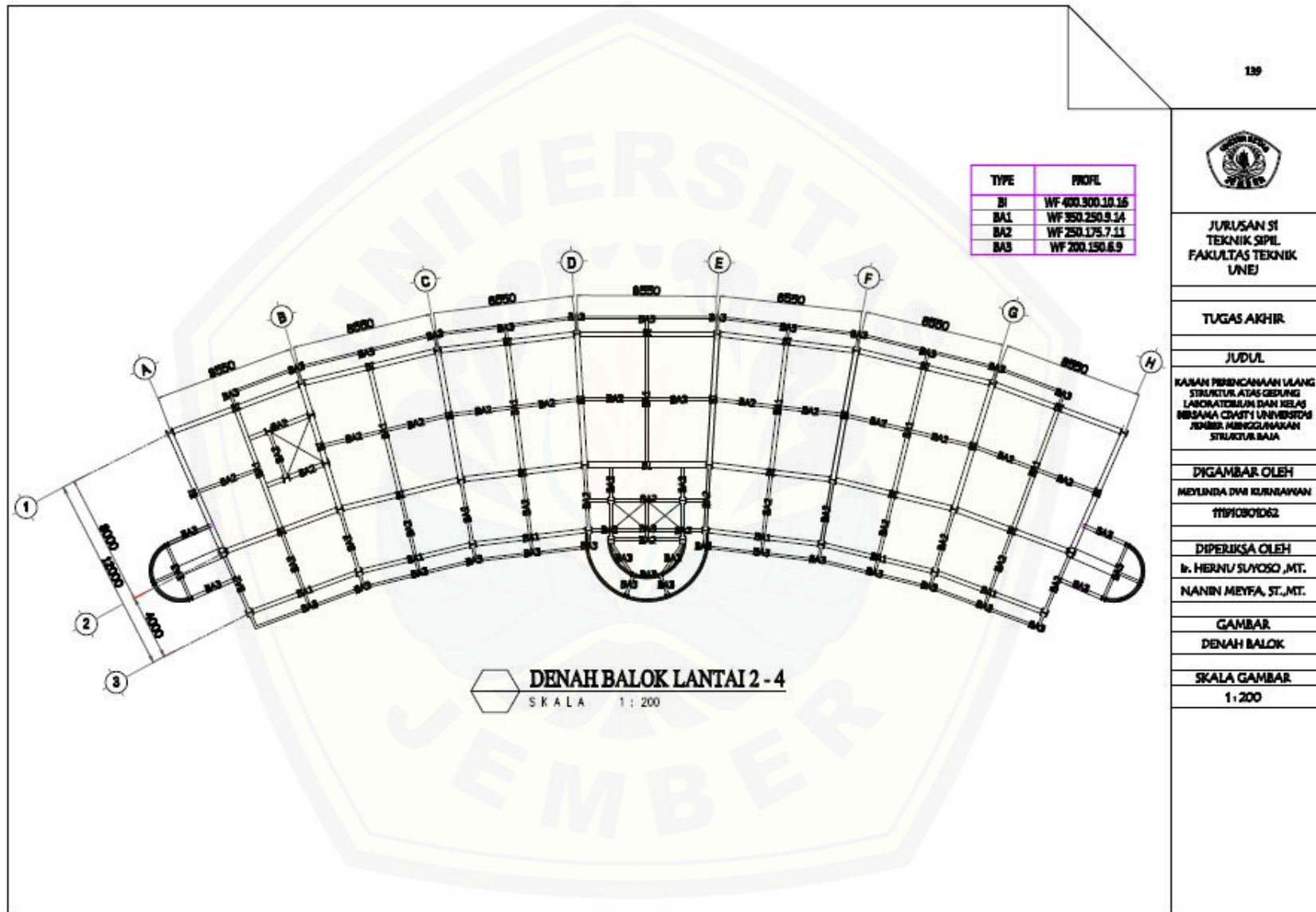
GAMBAR

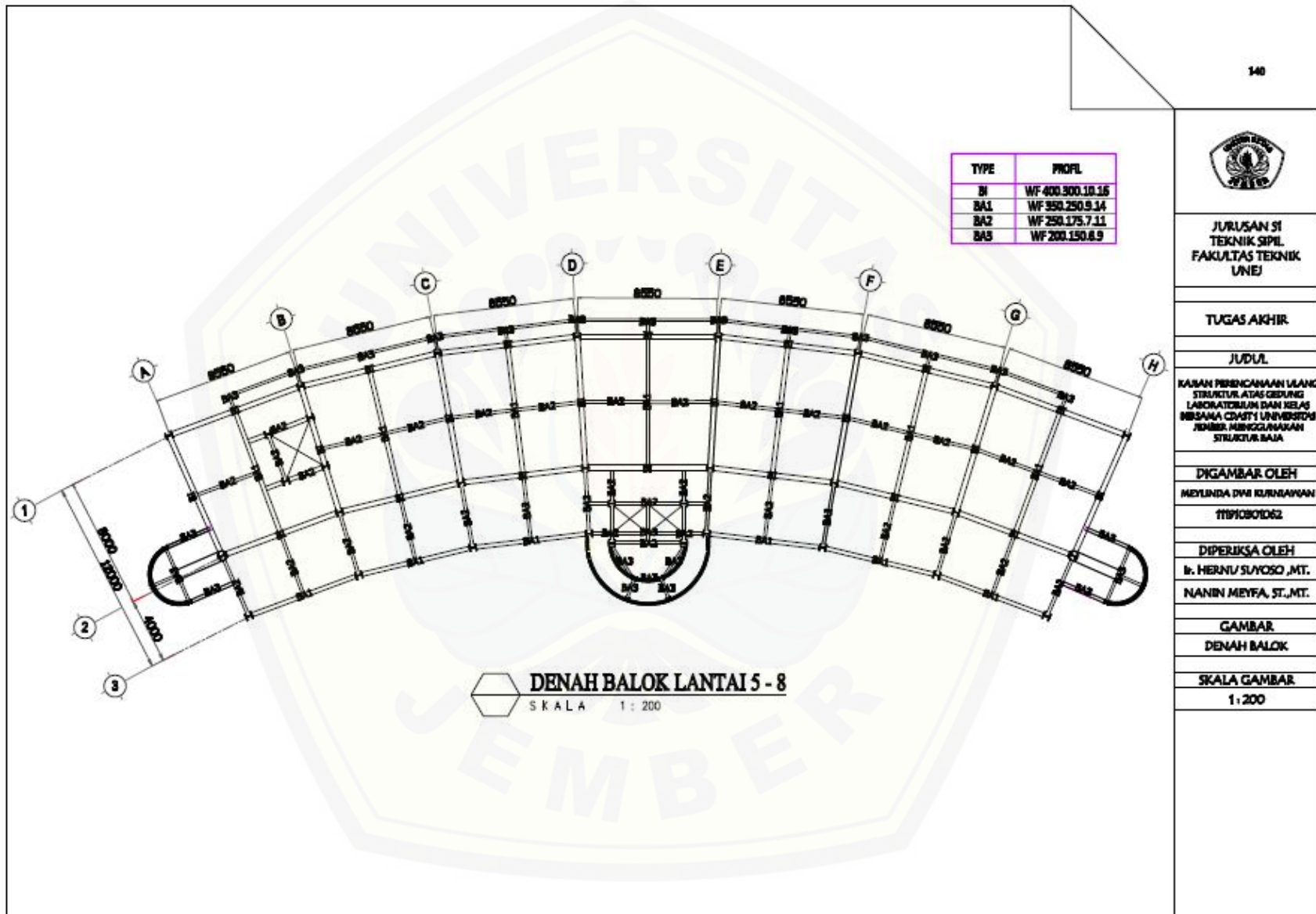
POTONGAN

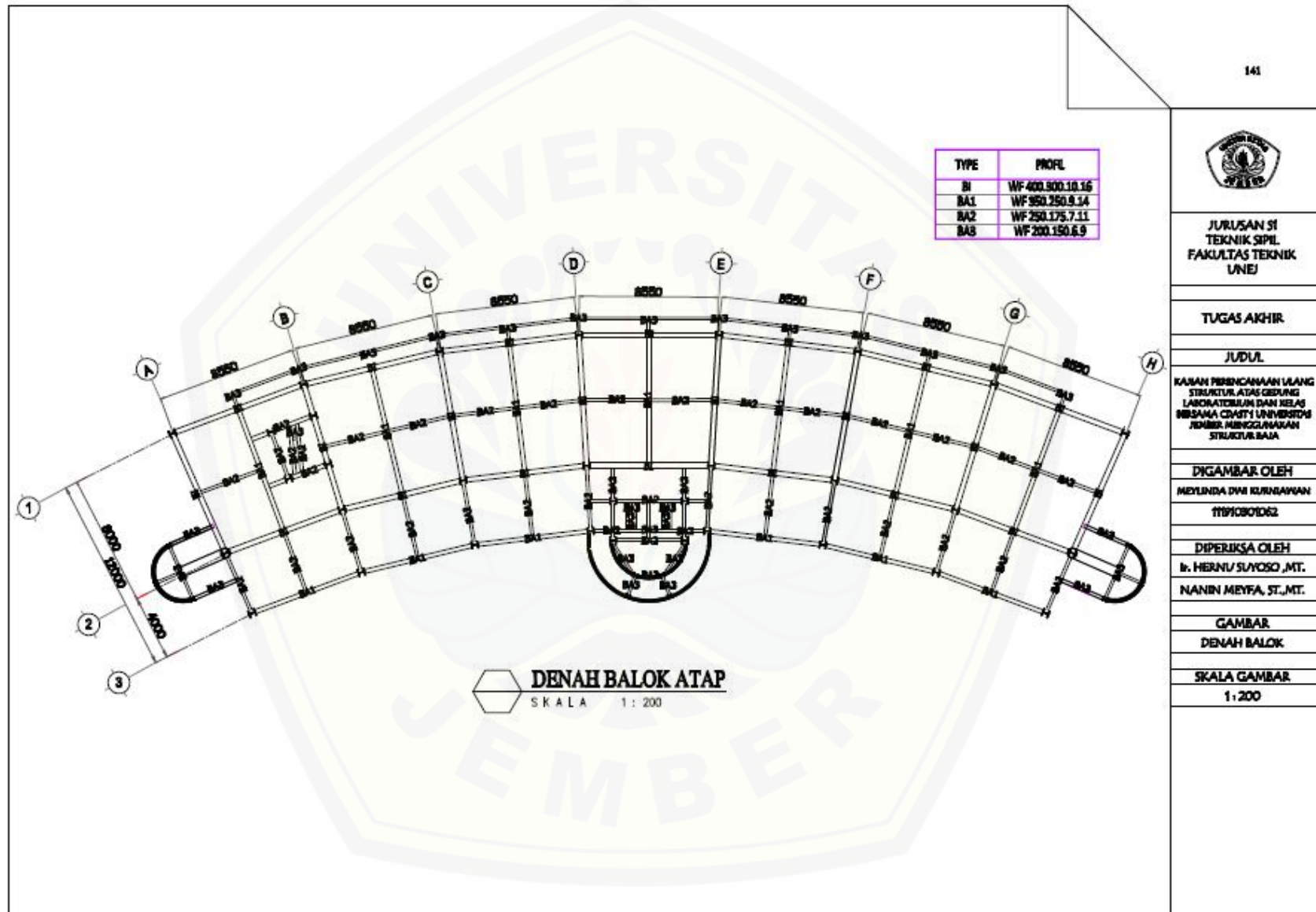
SKALA GAMBAR

1 : 250









141



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KANAN PERENCANAAN RANGKANG
STRUKTUR ATAP GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA CDMT1 UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DWI KURNIAWAN

1101020102

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

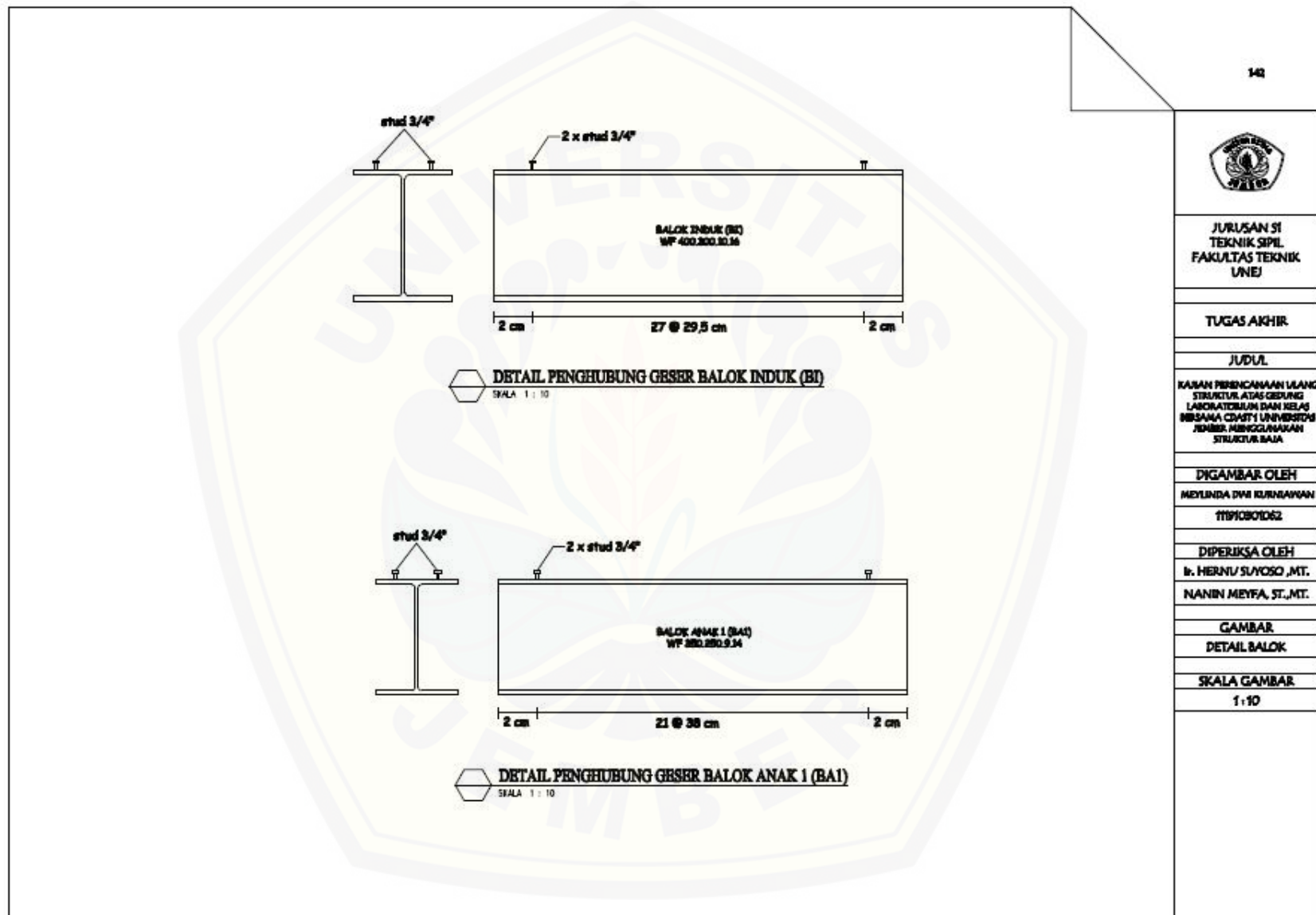
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DENAH BALOK

SKALA GAMBAR

1 : 200



142



JURUSAN ST
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KASAH PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDEUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BERSAMA CRAFT 1 UNIVERSITAS
JEMBER. MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DWI KURNIAWAN

11910201062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

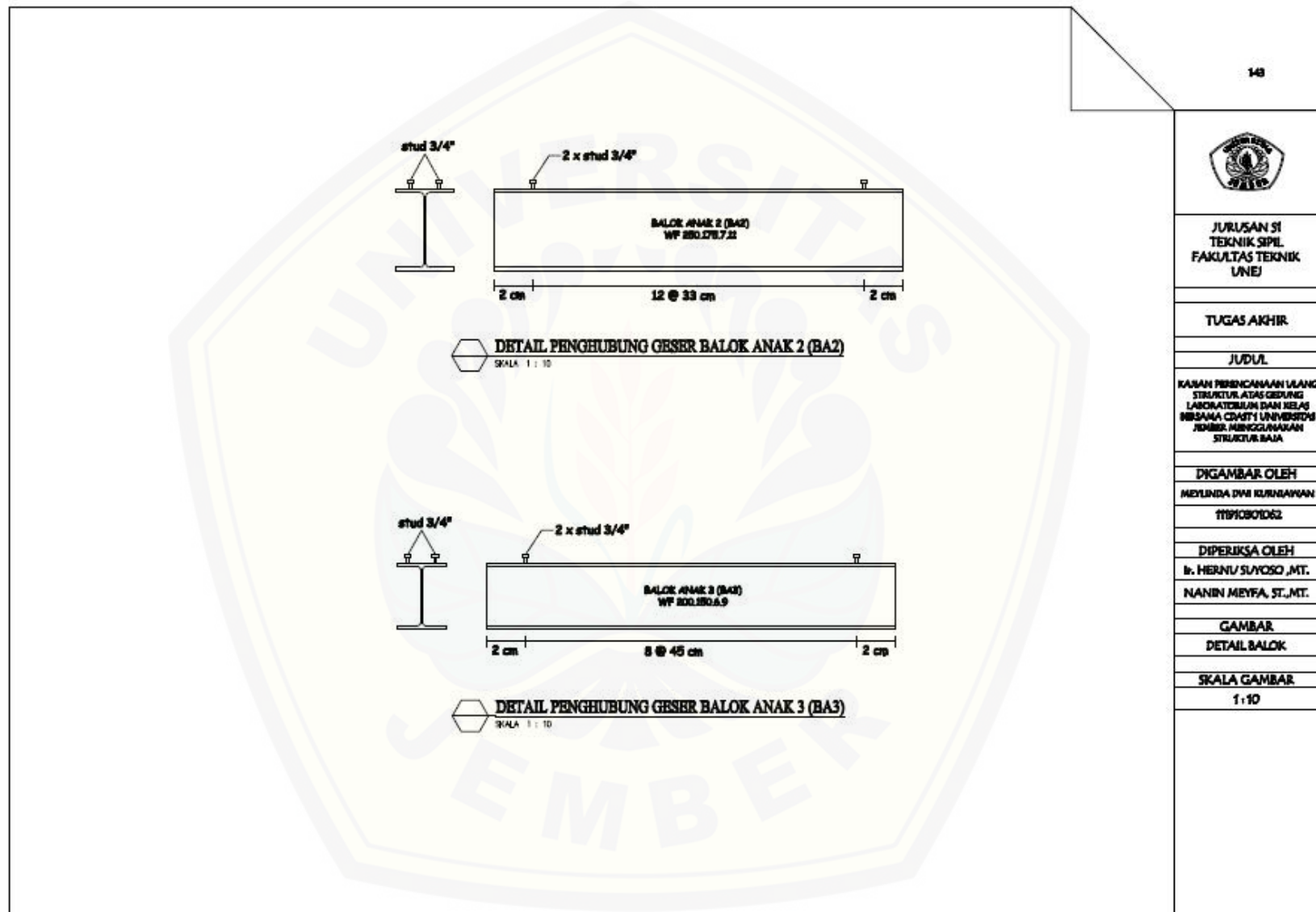
NANIN MEYFA, ST., MT.

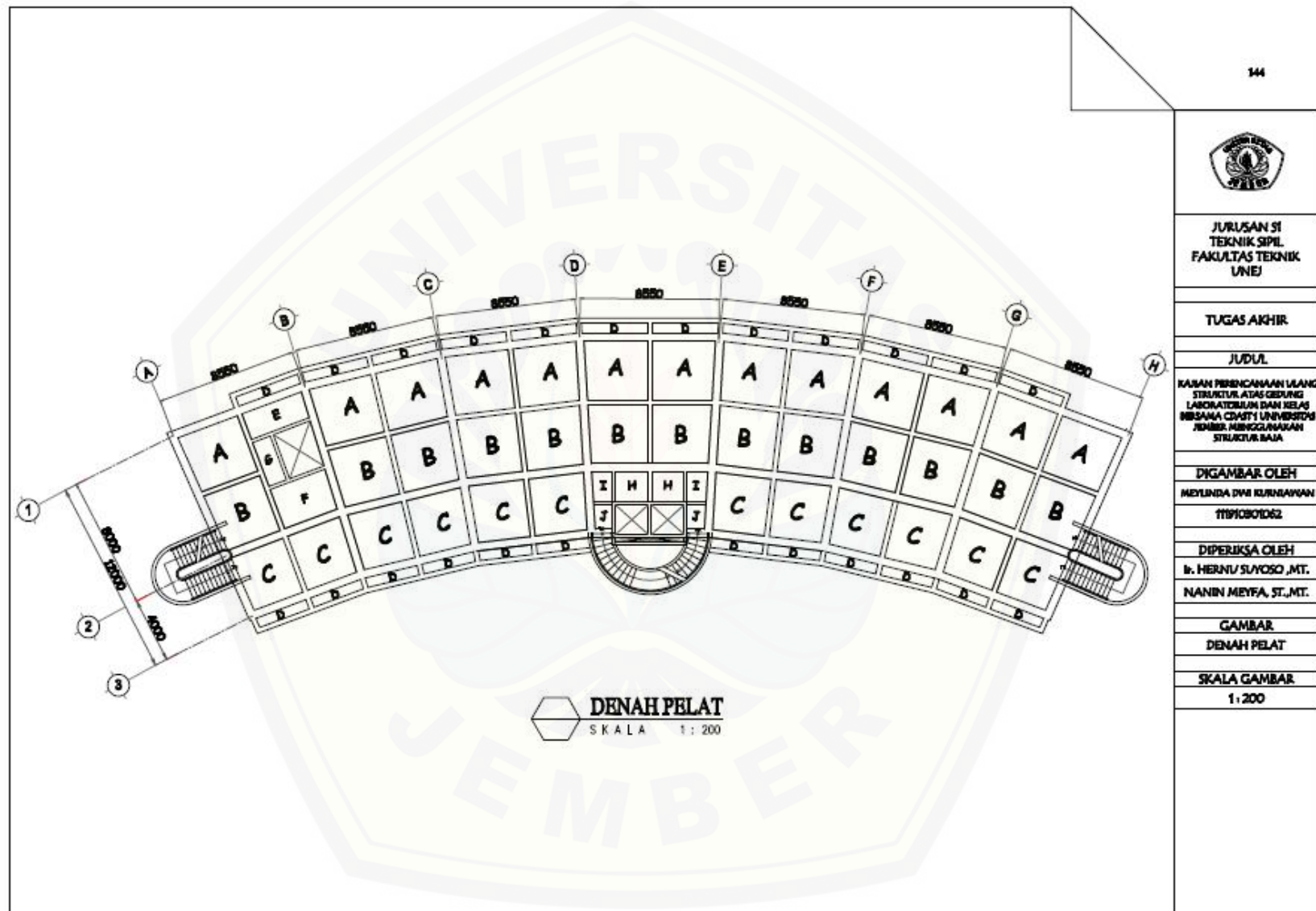
GAMBAR

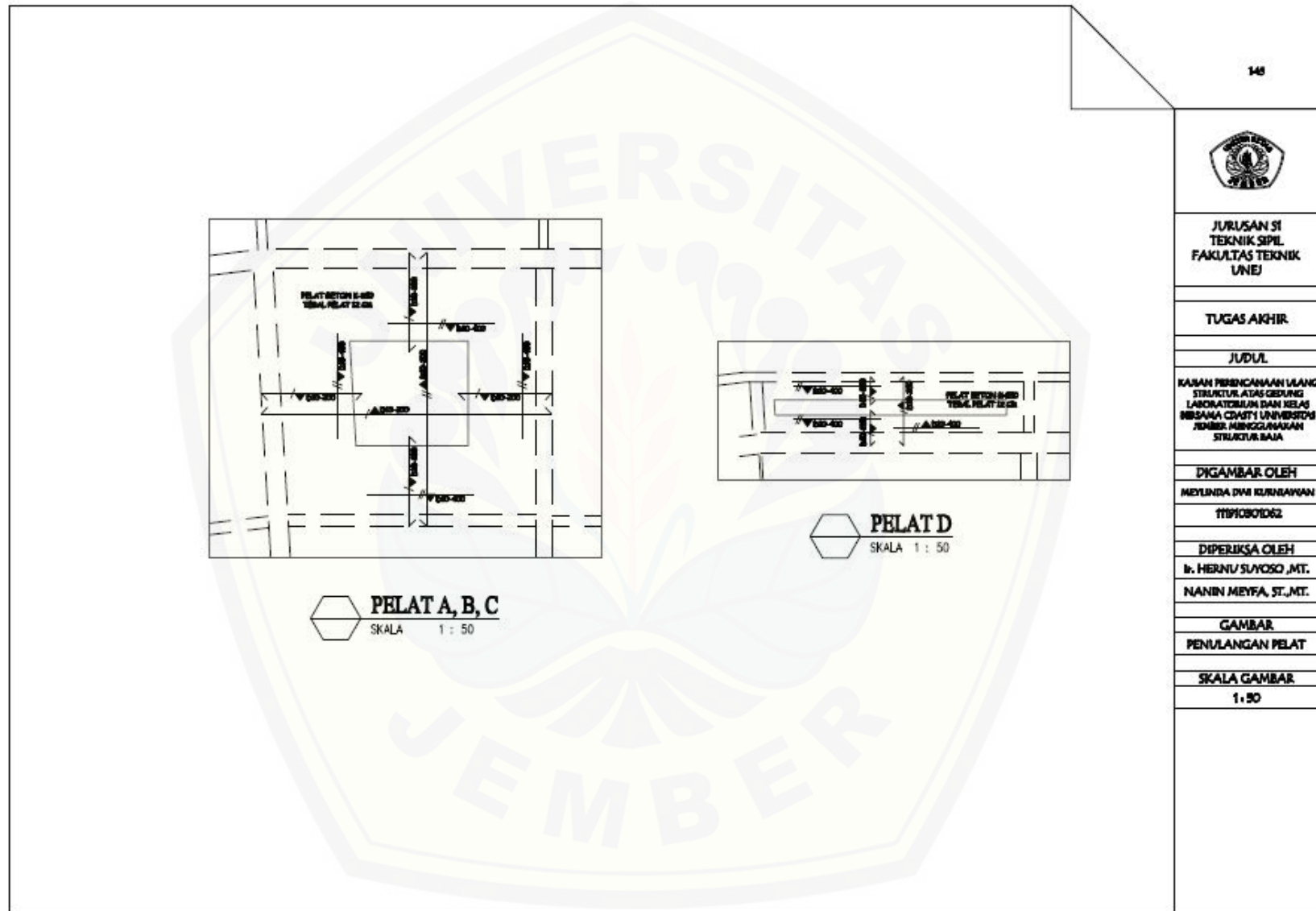
DETAIL BALOK

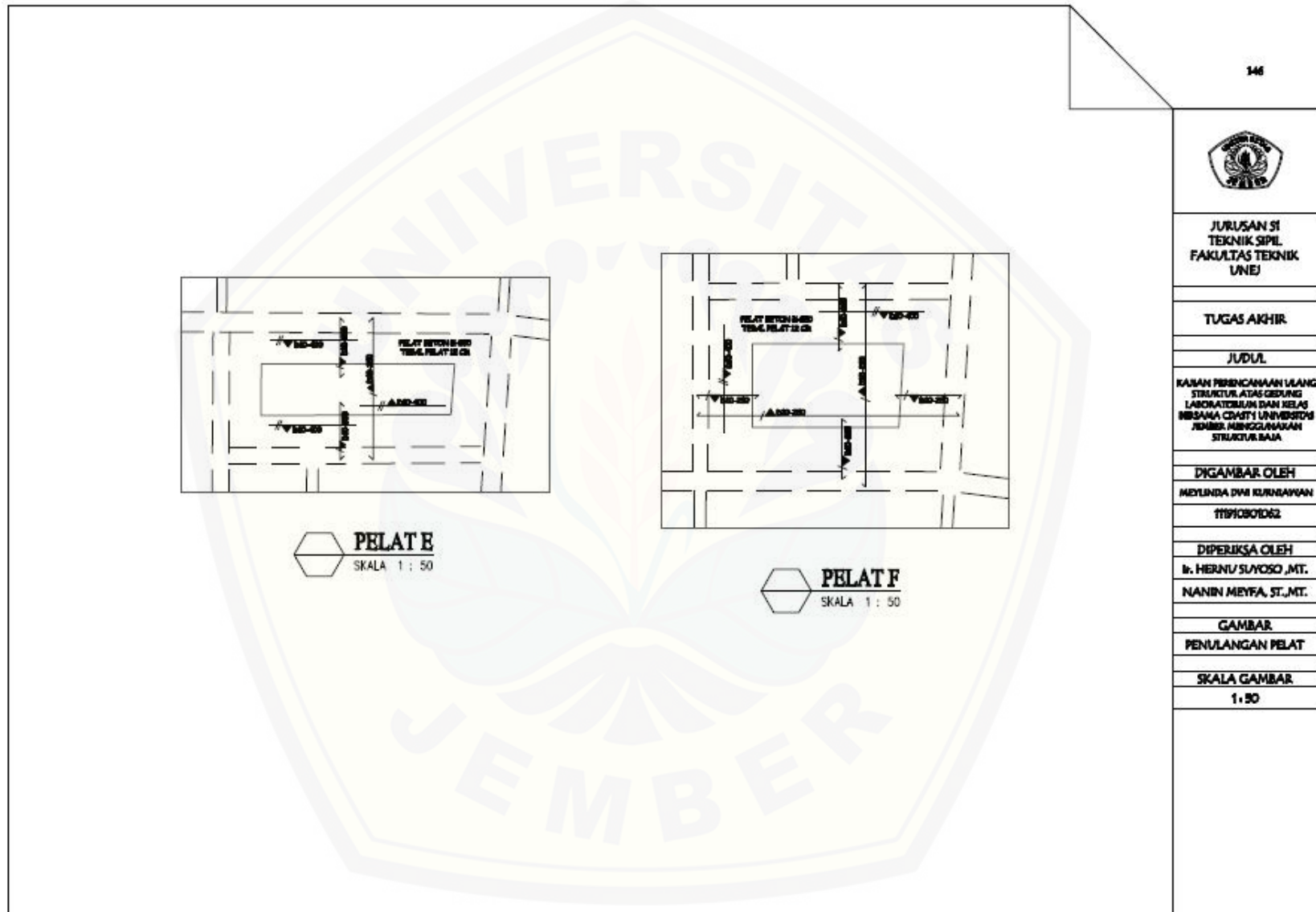
SKALA GAMBAR

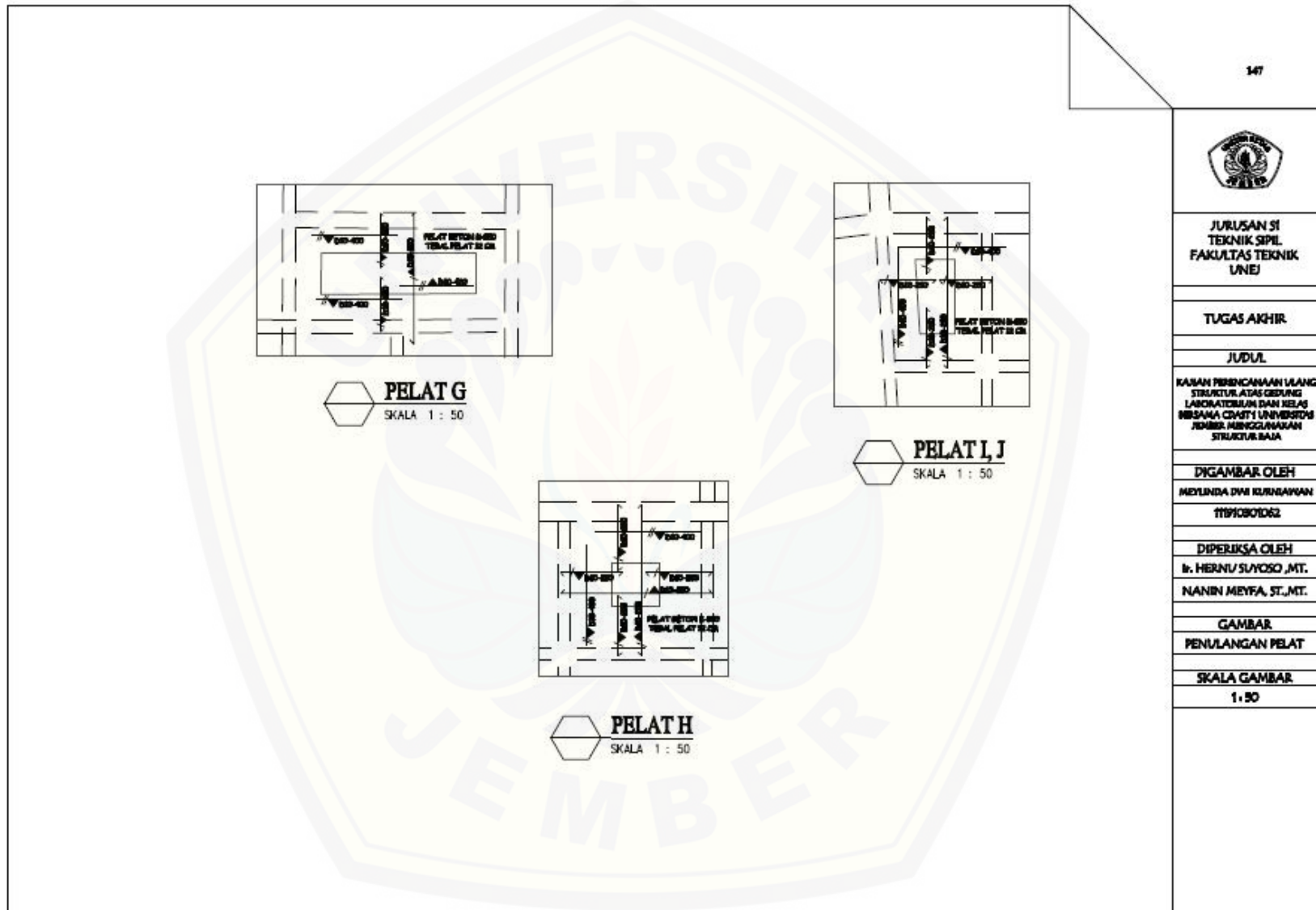
1 : 10











147



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA CIVIL ENGINEERING
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DMI KURNIAMAN

11010101062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

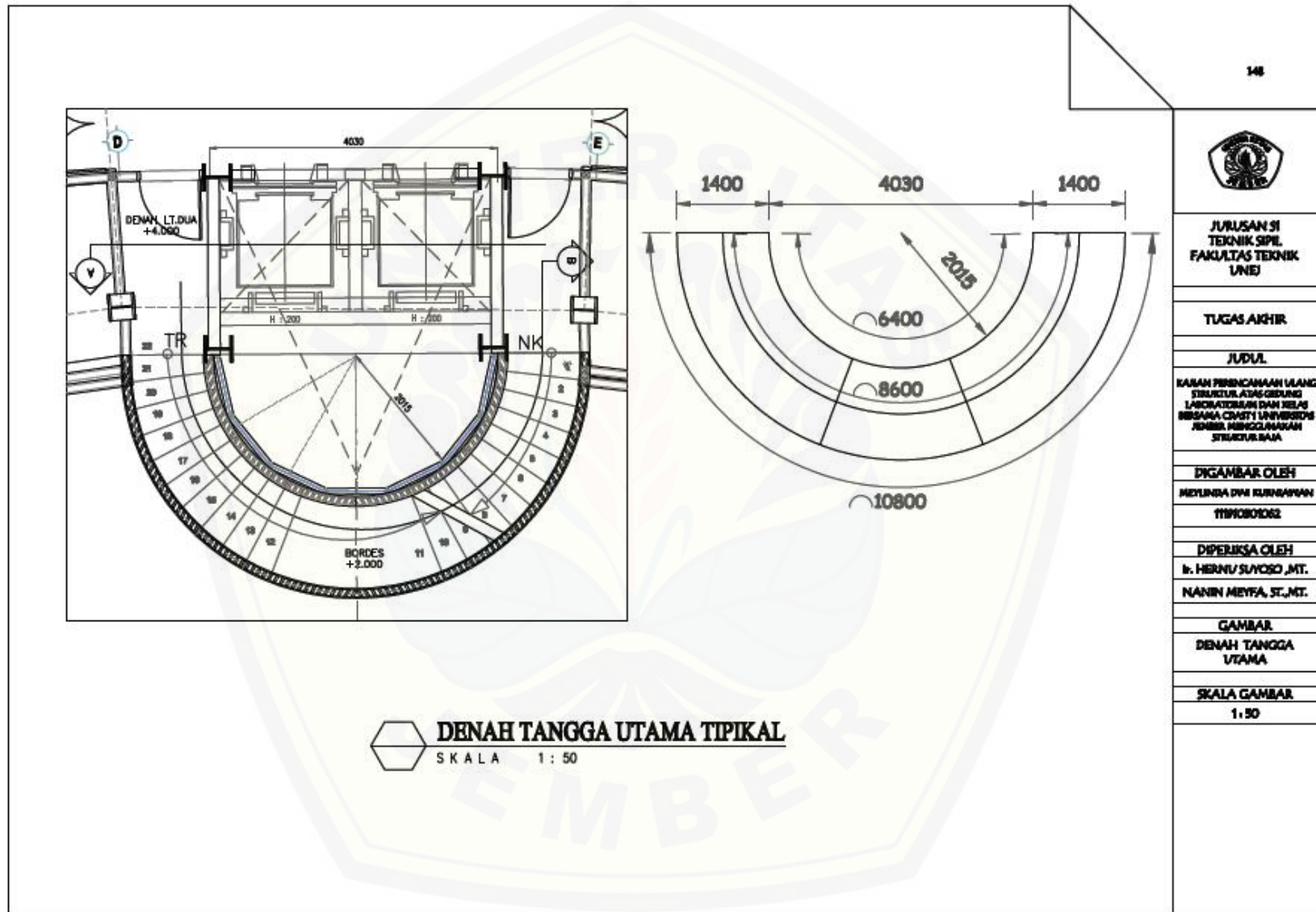
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

PENULANGAN PELAT

SKALA GAMBAR

1:50



148



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BIBLIOTEKA DAN UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DHI KURNIAMAN

1191010162

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

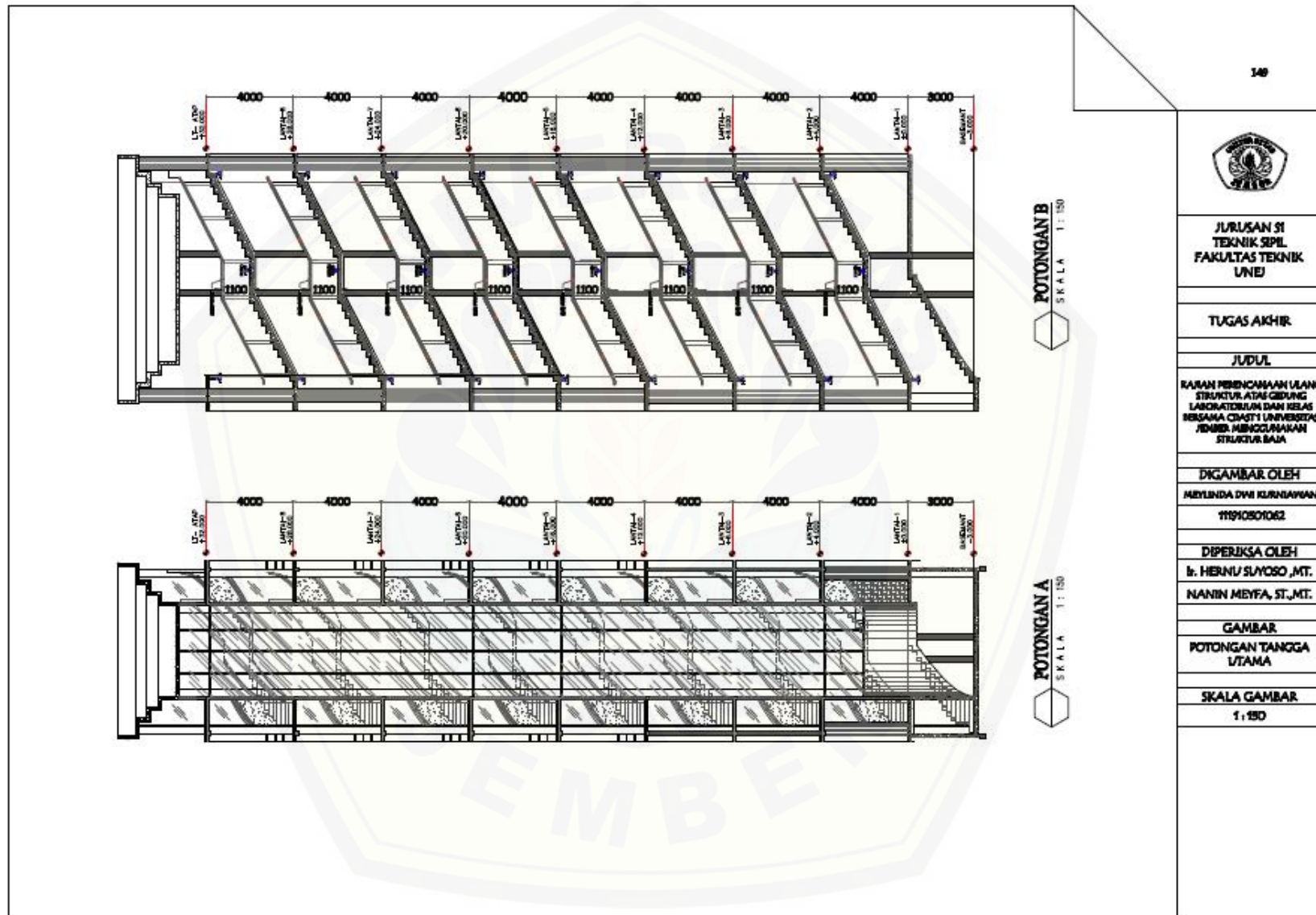
NANIN MEYFA, ST., MT.

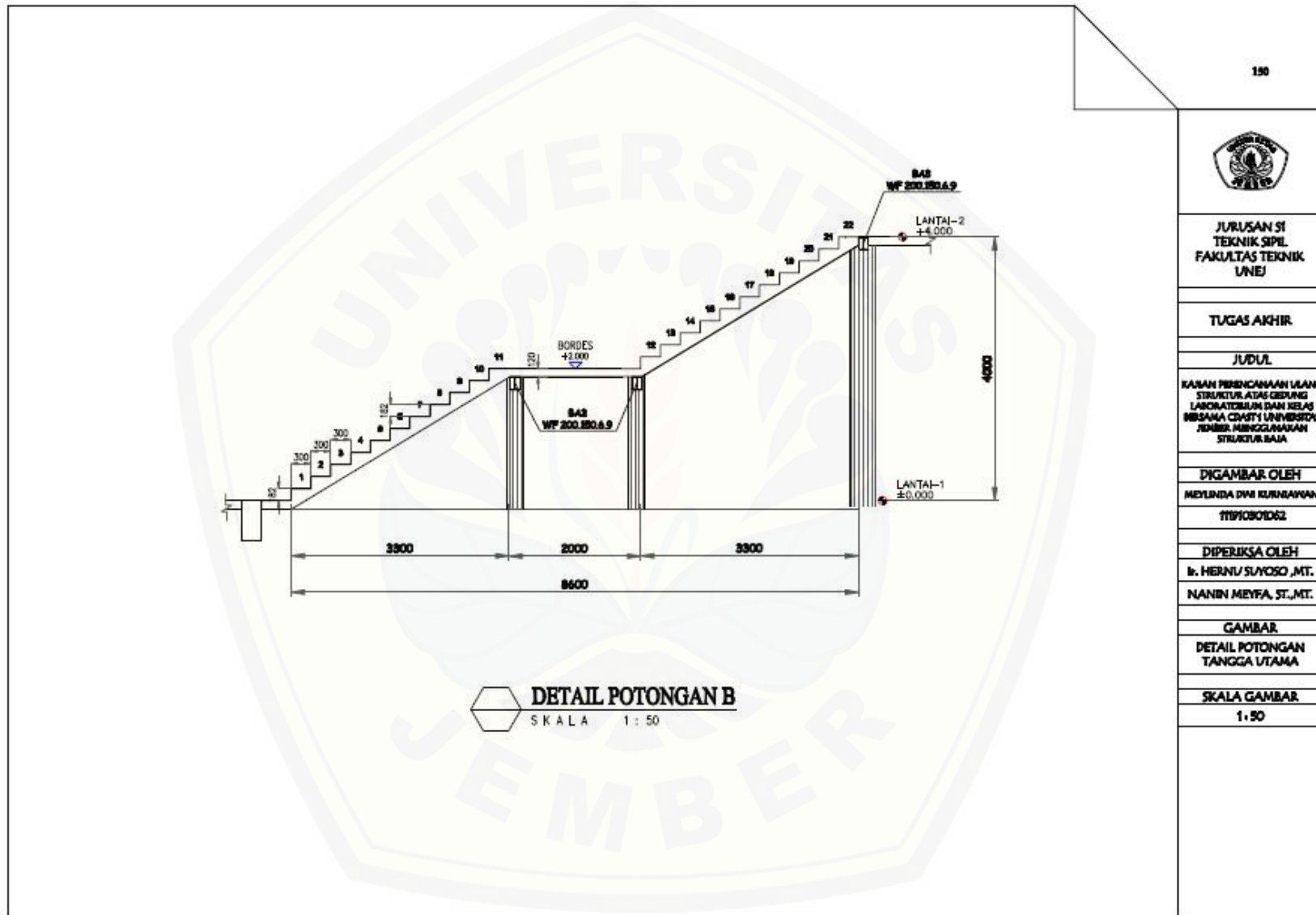
GAMBAR

DENAH TANGGA
UTAMA

SKALA GAMBAR

1 : 50





150



JURUSAN ST
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
MISAMA C0401 UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DMI KURNIAWAN

11191301062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNI SUYOSO, MT.

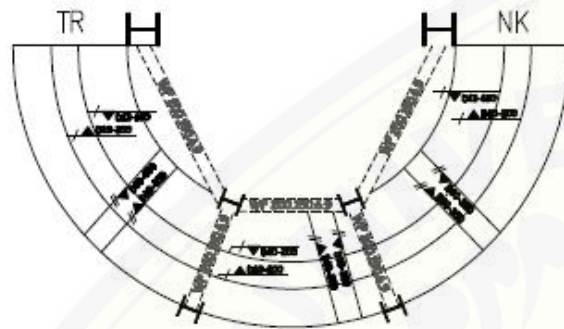
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

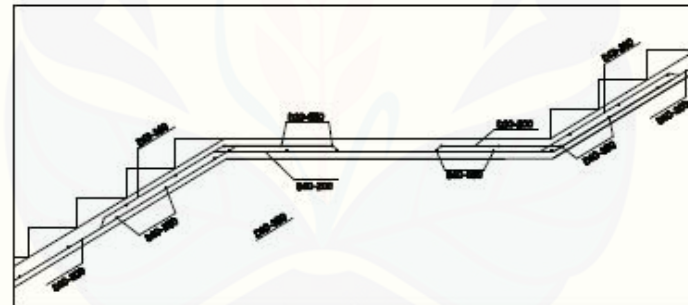
DETAIL POTONGAN
TANGGA UTAMA

SKALA GAMBAR

1 : 50



DENAH PENULANGAN TANGGA UTAMA
SKALA 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA UTAMA
SKALA 1 : 25

151



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KANAN PERENCANAAN LALANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA COMST1 UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DINA KURNIAWAN
11190301062

DIPERIKSA OLEH

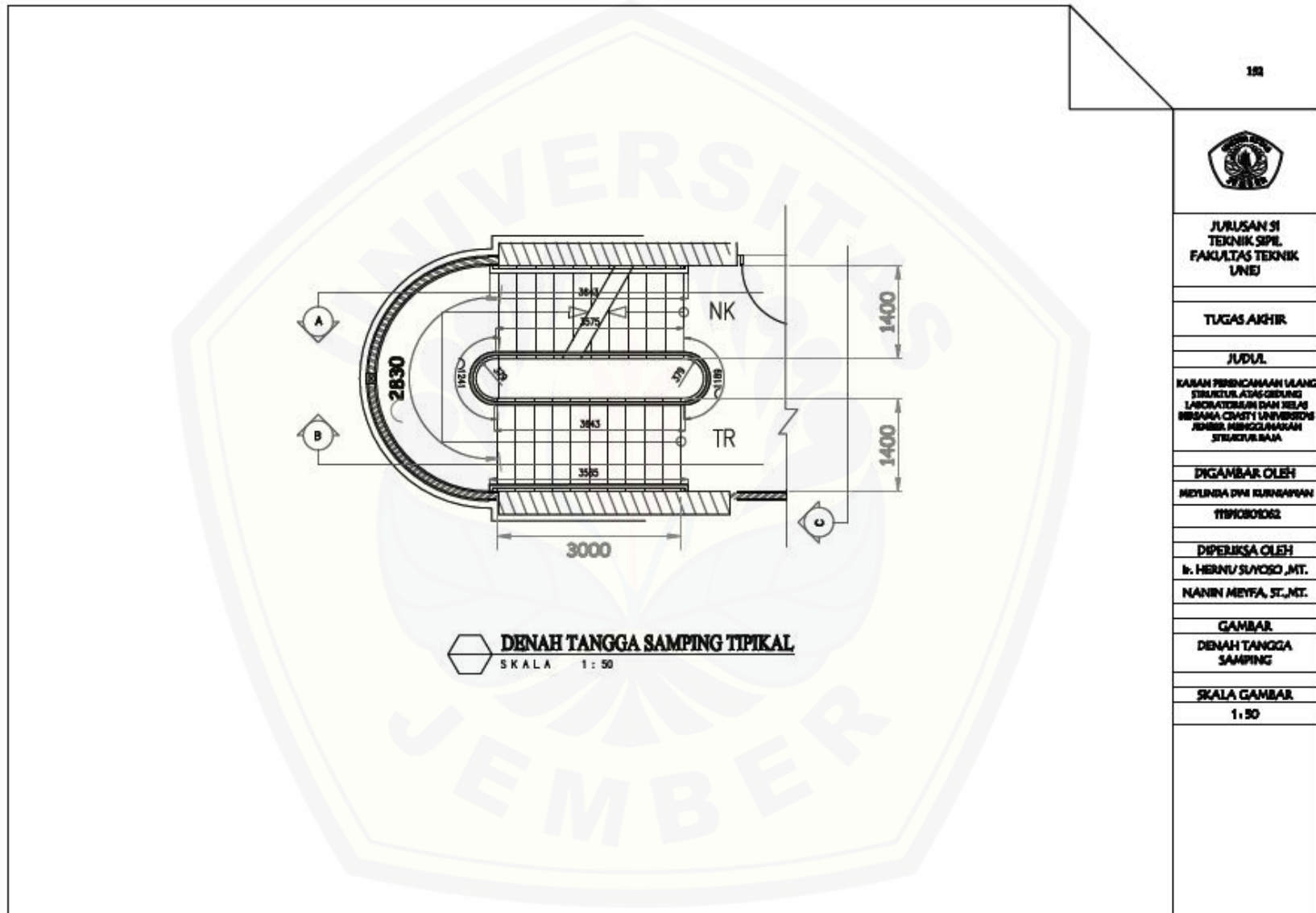
Ir. HERNU SUYOSO ,MT.
NANIN MEYFA, ST.,MT.

GAMBAR

DENAH & DETAIL
PENULANGAN TANGGA
UTAMA

SKALA GAMBAR

1:50 ; 1:25



158



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAMAR PERBINCANGAN MELANG
STRUKTUR ATAS GEOLANG
LABORATORIUM DAN KELAS
BIBLIOTEKA DAN STAF UNIVERSITAS
JEMBER, MENGEKSKANSI
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MELINDA DHI KURNIAWAN

1191201062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNI SUYOSO, MT.

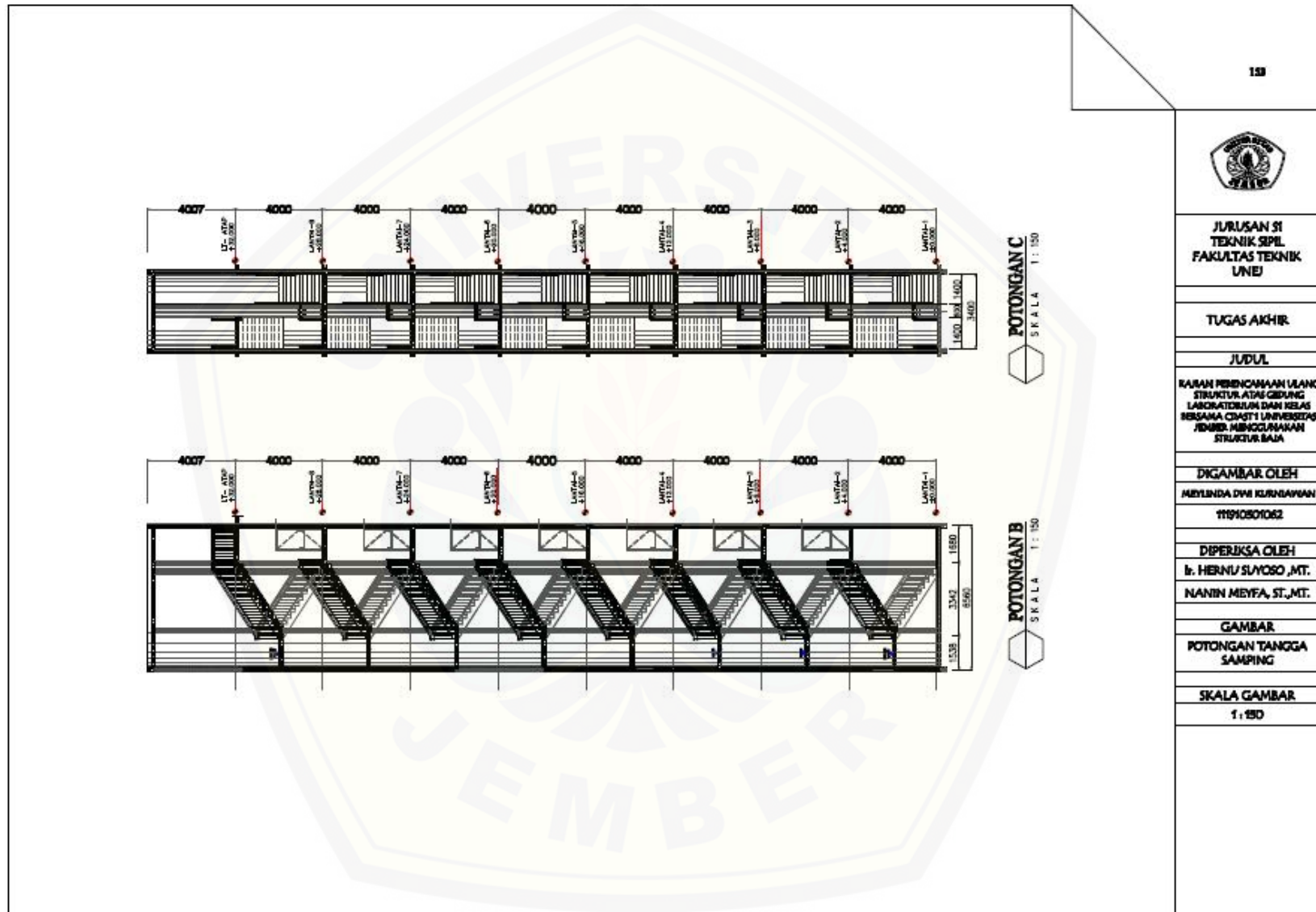
NANIN MEYFA, ST., MT.

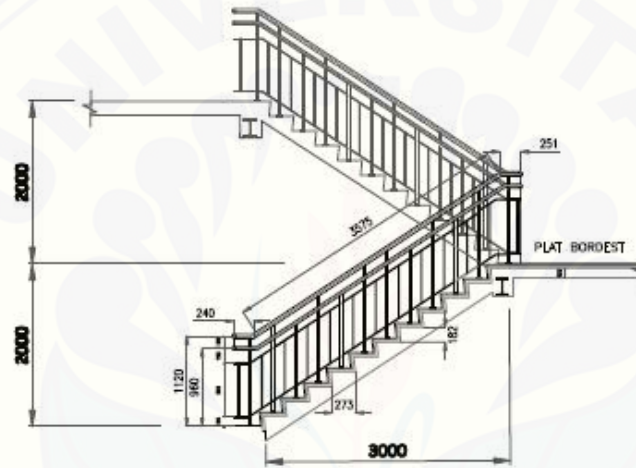
GAMBAR

DENAH TANGGA
SAMPING

SKALA GAMBAR

1 : 50





DETAIL POTONGAN A
SKALA 1 : 50

154



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
MIPA 5A DAN 1 UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DMI KURNIAMAN

1121010102

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

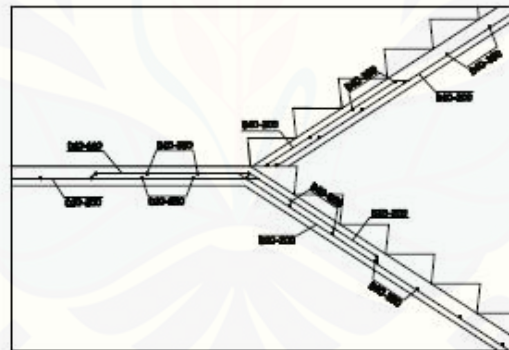
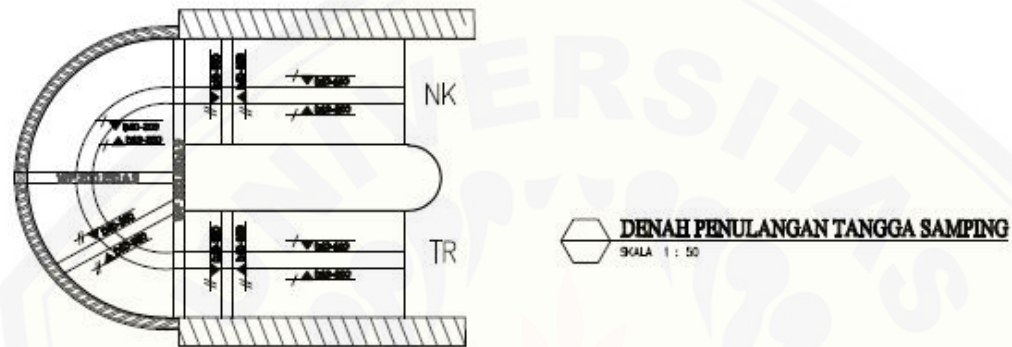
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DETAIL POTONGAN
TANGGA SAMPIING

SKALA GAMBAR

1 : 50



155



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GROUND
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAR CIVIL ENGINEERING
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DWI KURNIAWAN

1111010102

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

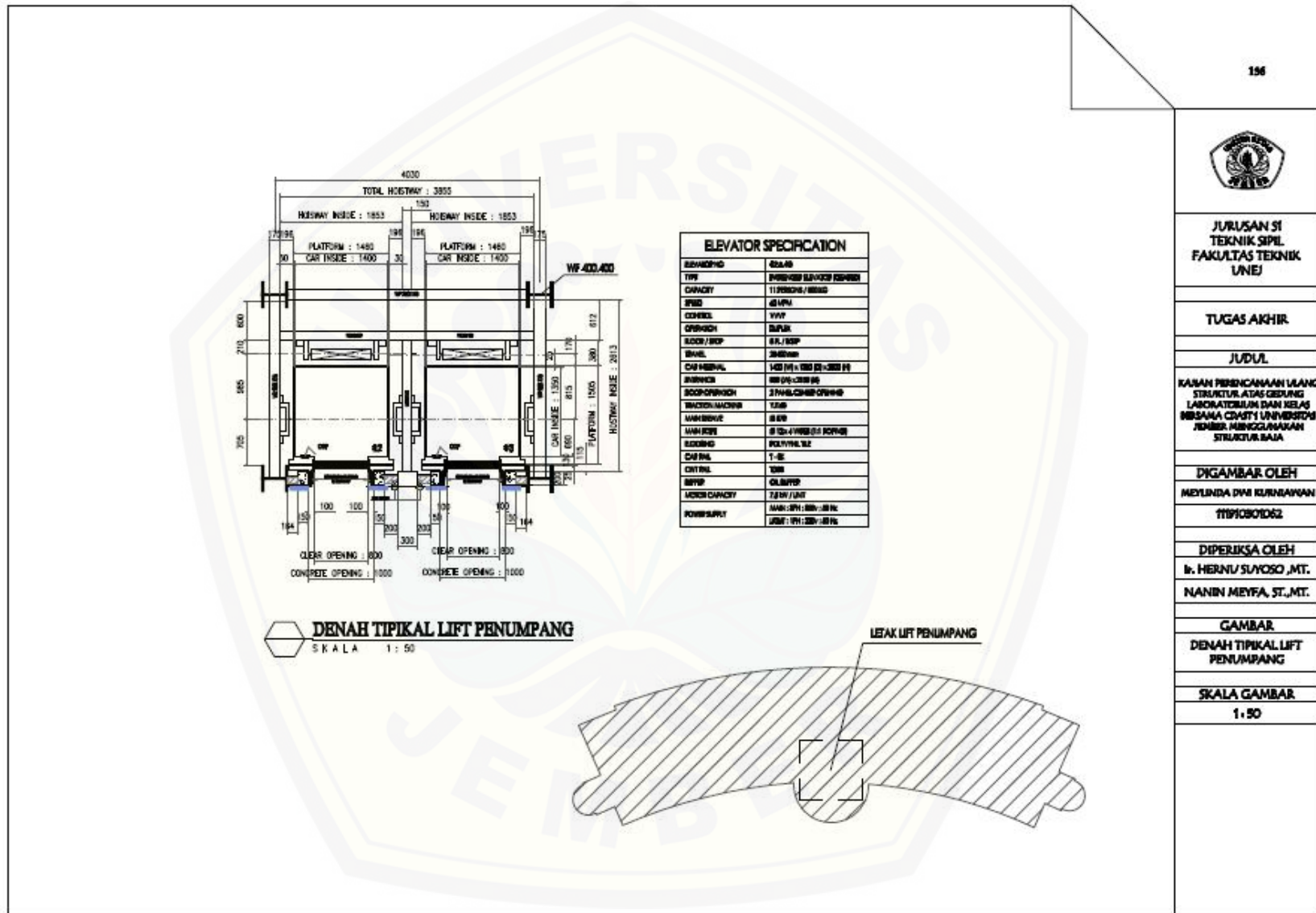
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DENAH & DETAIL
PENULANGAN TANGGA
SAMPING

SKALA GAMBAR

1 : 50 ; 1 : 25



156



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KARAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESARAMA CAMPUS UNIVERSITAS
JEMBER, MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MELINDA DANI KURNIAWAN

1119030162

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNI SUYOSO, MT.

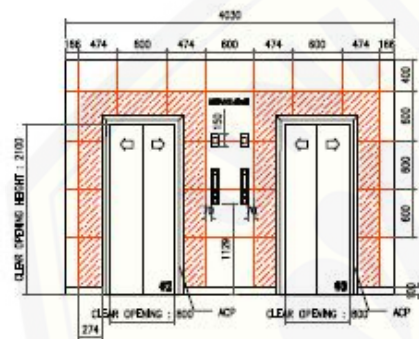
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

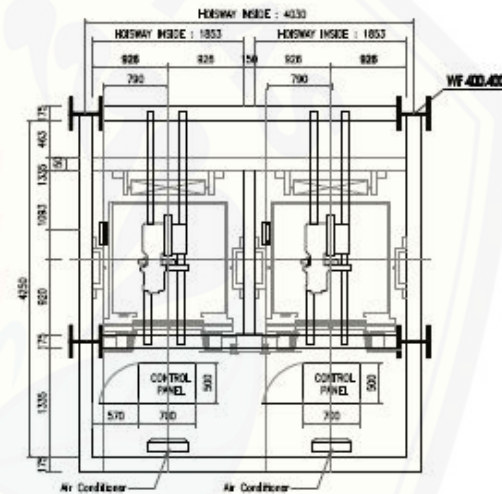
DENAH TIPIKAL LIFT
PENUMPANG

SKALA GAMBAR

1 : 50



TAMPAK LIFT PENUMPANG
SKALA 1:50



DENAH RUANG MESIN LIFT PENUMPANG
SKALA 1:50

157



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KANAN PERENCANAAN LANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA COSTY UNIVERSITY
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DMI KURNIAMAN

1119180162

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU/SUYOSO,MT.

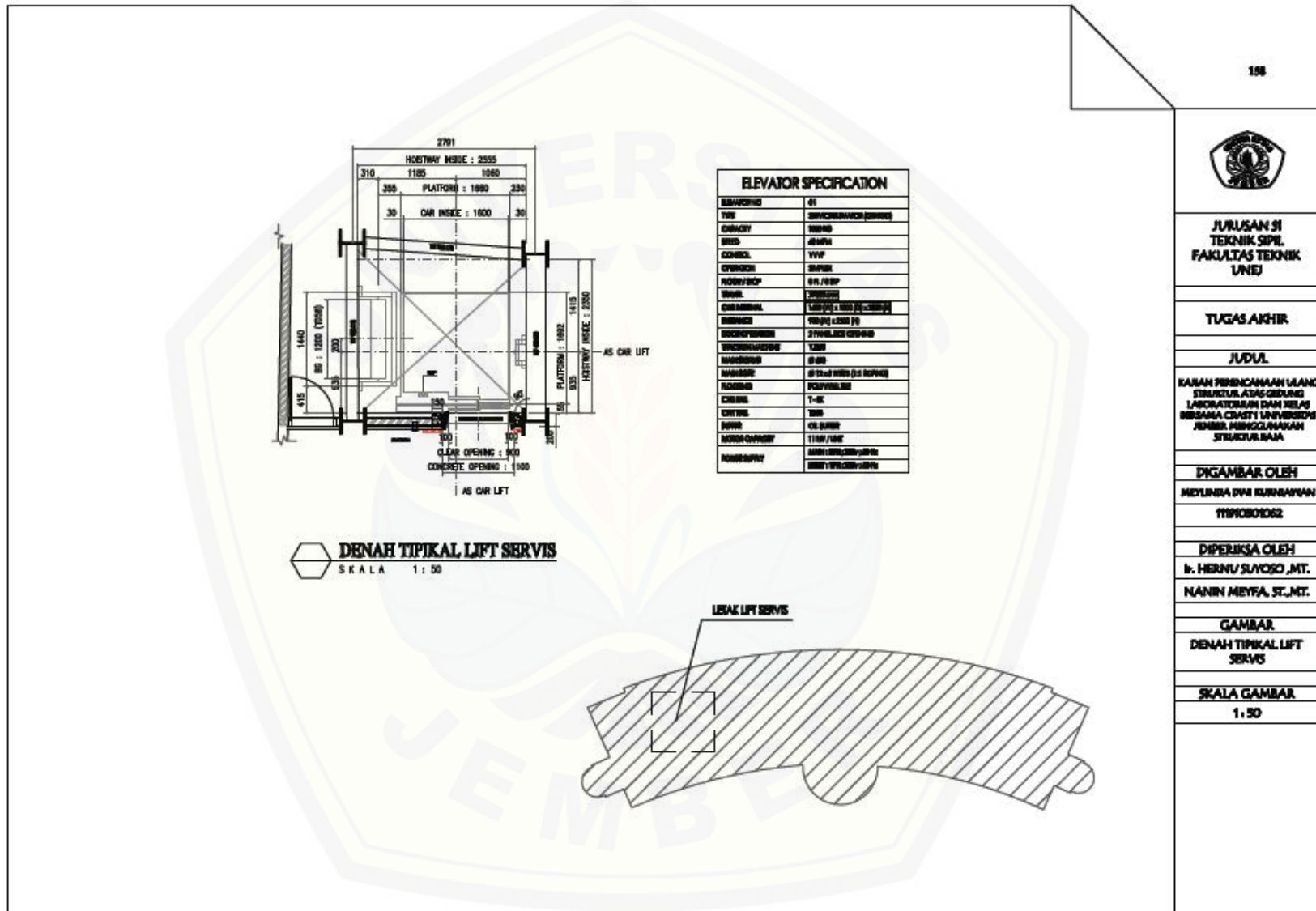
NANIN MEYFA, ST.,MT.

GAMBAR

TAMPAK & DENAH
RUANG MESIN LIFT
PENUMPANG

SKALA GAMBAR

1:50



158



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KARAH PERENCANAAN LAJANG
STRUKTUR ATAS-GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA CENSTI UNIVERSITAS
JEMBER BERKELANJUTAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DIN KURNIAWAN

TIPIKOR0262

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

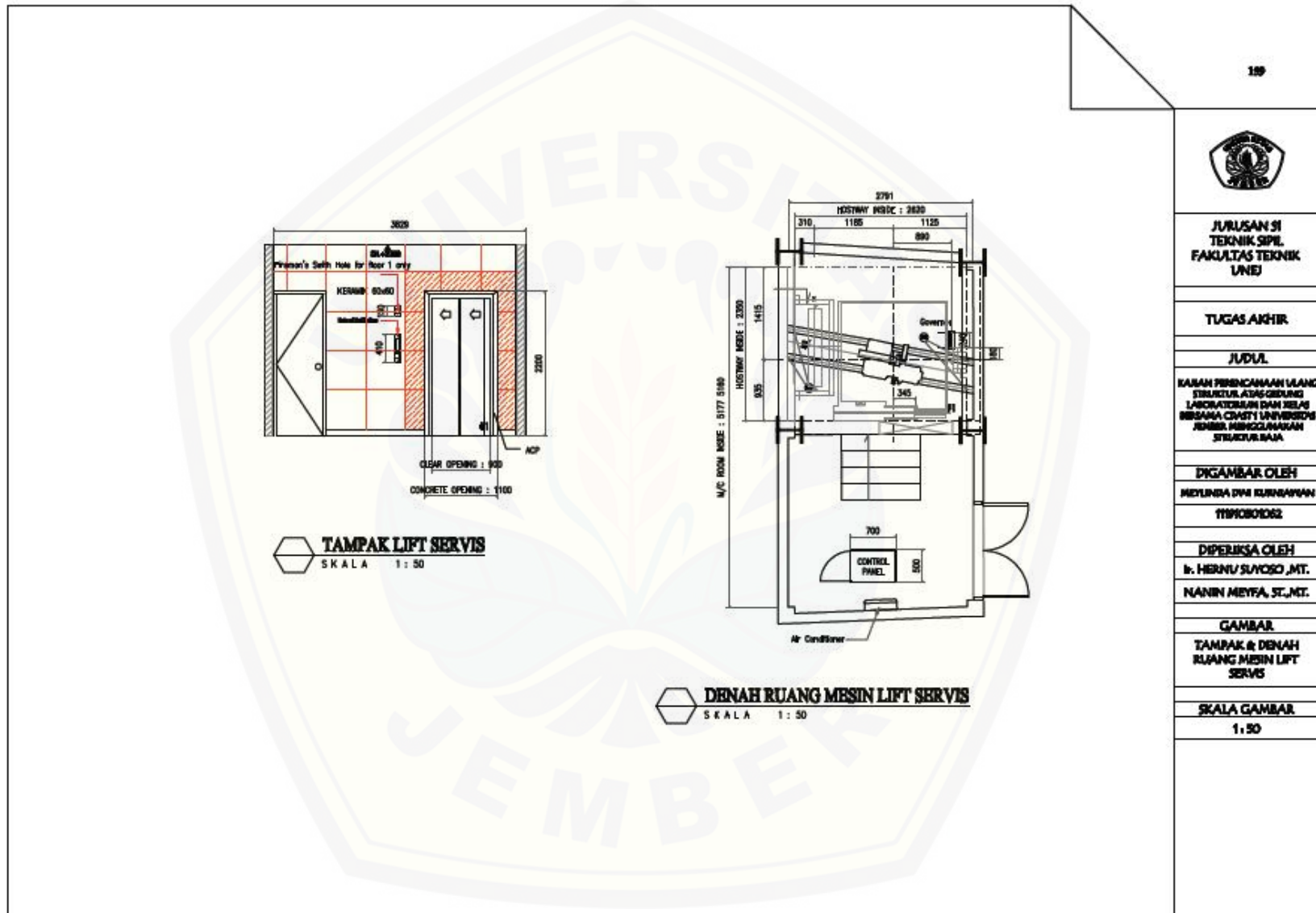
NANIN MEYFA, ST., MT.

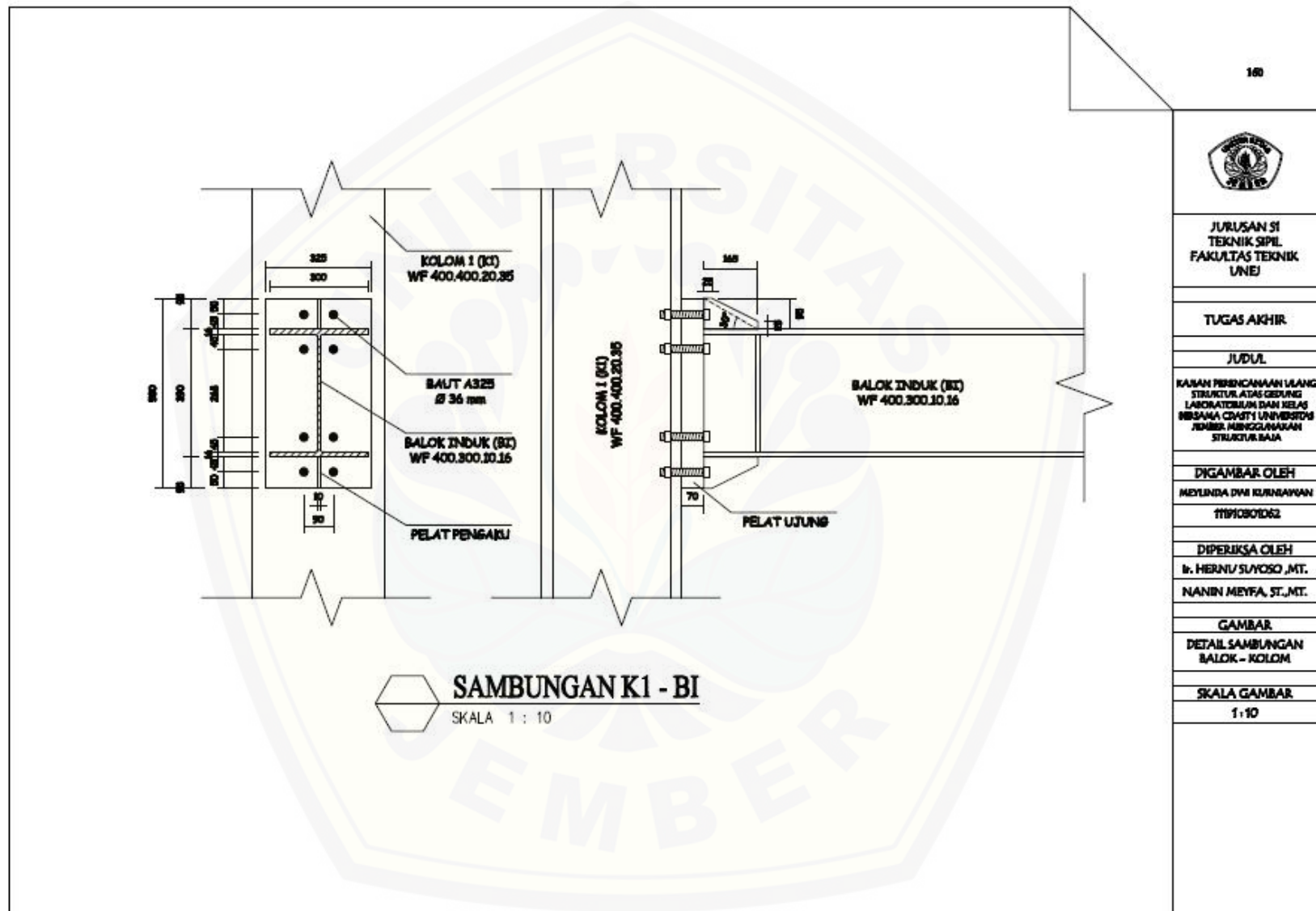
GAMBAR

DENAH TIPIKAL LIFT
SERVIS

SKALA GAMBAR

1 : 50





160



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA CIVIL ENGINEERING
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLINDA DMI KURNIAWAN

11110101062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNI/ SUYOSO, MT.

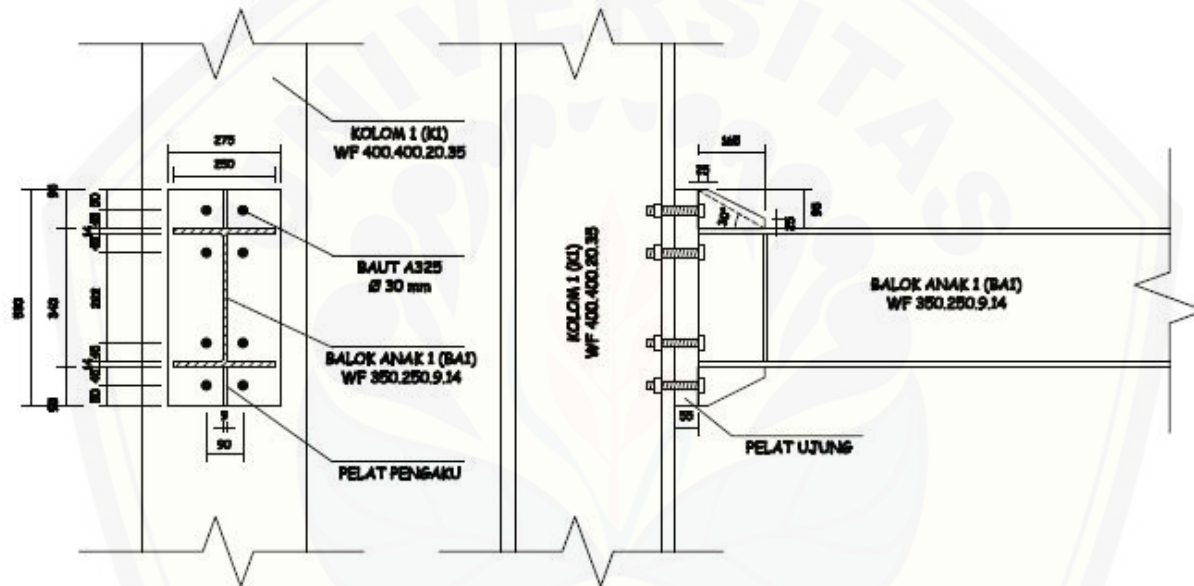
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

SKALA GAMBAR

1 : 10



SAMBUNGAN K1 - BA1
SKALA 1 : 10

161



JURUSAN ST
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KAJIAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
MIPA SAHA CEMATI UNIVERSITAS
JEMBER MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DWI KURNIAWAN

11110301062

DIPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

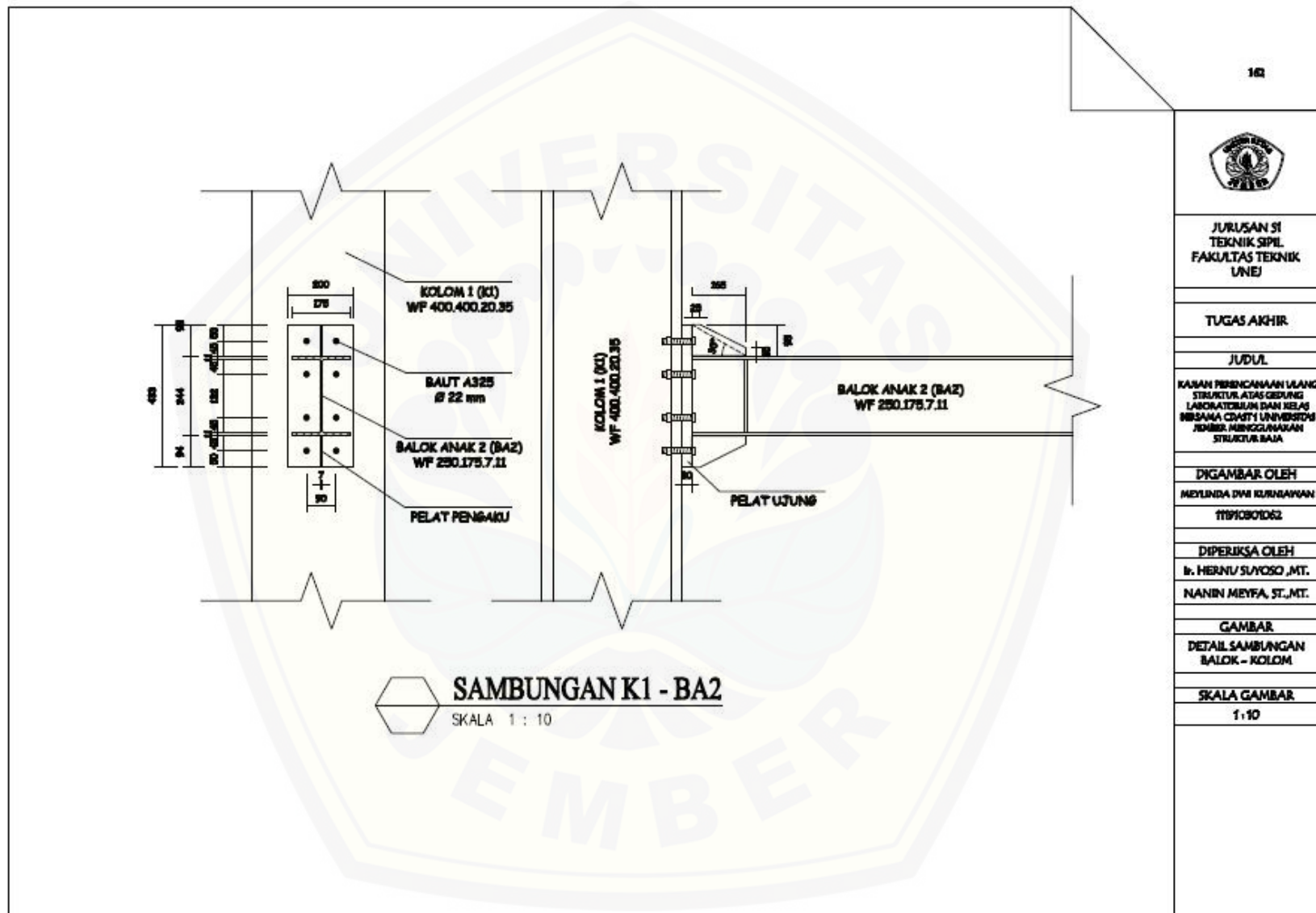
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

SKALA GAMBAR

1 : 10



162



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KANAN PERENCANAAN ULANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BIBLIOTHECA DAN KEMAS
JEMBER, MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYLANDA DIAH KURNIAWAN
11191021062

DIPERIKSA OLEH

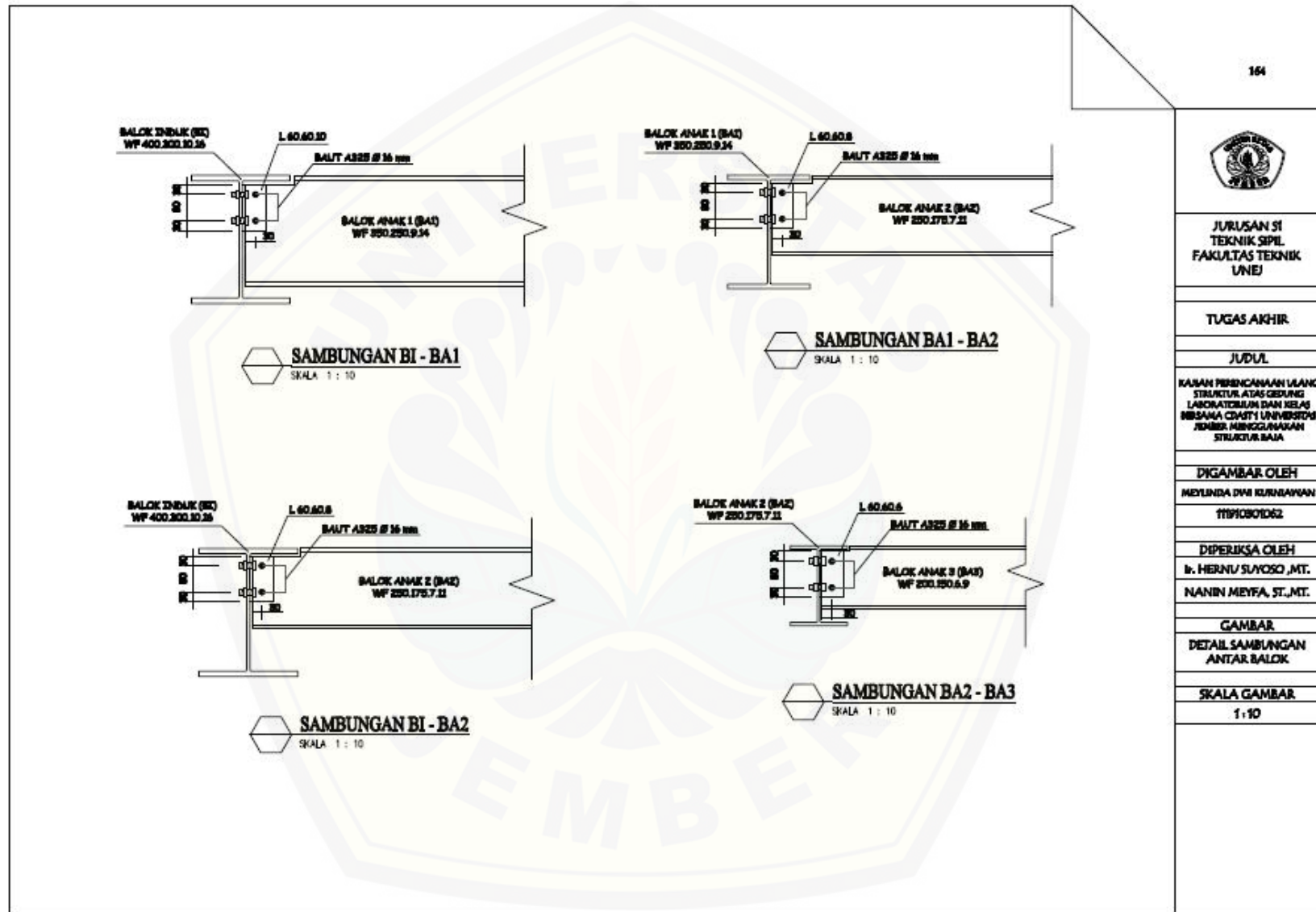
Ir. HERNU SUYOSO, MT.
NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK - KOLOM

SKALA GAMBAR

1:10



164



JURUSAN SI
TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNEJ

TUGAS AKHIR

JUDUL

KANAN PERBINCANGAN LALANG
STRUKTUR ATAS GEDUNG
LABORATORIUM DAN KELAS
BESAMA COMETI UNIVERSITAS
JEMBER. MENGGUNAKAN
STRUKTUR BAJA

DIGAMBAR OLEH

MEYUNDA DANI KURNAYANAN

110130102

DEPERIKSA OLEH

Ir. HERNU SUYOSO, MT.

NANIN MEYFA, ST., MT.

GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
ANTAR BALOK

SKALA GAMBAR

1 : 10