



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**EVALUASI STRUKTUR BAJA GEDUNG PERKULIAHAN 10
LANTAI DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI GEMPA SESAR
KENDENG**

**FIKRI GHIFARI
NRP 10 11 15 1 0000 002**

**Dosen Pembimbing 1
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP 19780201 200604 2 002**

**Dosen Pembimbing 2
Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**EVALUASI STRUKTUR BAJA GEDUNG
PERKULIAHAN 10 LANTAI DI SURABAYA AKIBAT
SIMULASI GEMPA SESAR KENDENG**

**FIKRI GHIFARI
NRP 10 11 15 1 0000 002**

**Dosen Pembimbing 1
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP 19780201 200604 2 002**

**Dosen Pembimbing 2
Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP 19840919 201504 1 001**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - VC 181819

**EVALUATION OF A 10-STOREY STEEL LECTURE
HALL STRUCTURE IN SURABAYA DUE TO
KENDENG FAULT SIMULATION**

**FIKRI GHIFARI
NRP 10 11 15 1 0000 002**

**Advisor 1
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP 19780201 200604 2 002**

**Advisor 2
Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP 19840919 201504 1 001**

**BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE
ENGINEERING
FACULTY OF VOCATION
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2019**

LEMBAR PENGESAHAN
EVALUASI STRUKTUR BAJA GEDUNG PERKULIAHAN 10
LANTAI DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI GEMPA SESAR
KENDENG

Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Sains Terapan

Pada

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 28 Mei 2019

Disusun Oleh :
MAHASISWA



Fikri Ghifari

NRP. 10111510000002

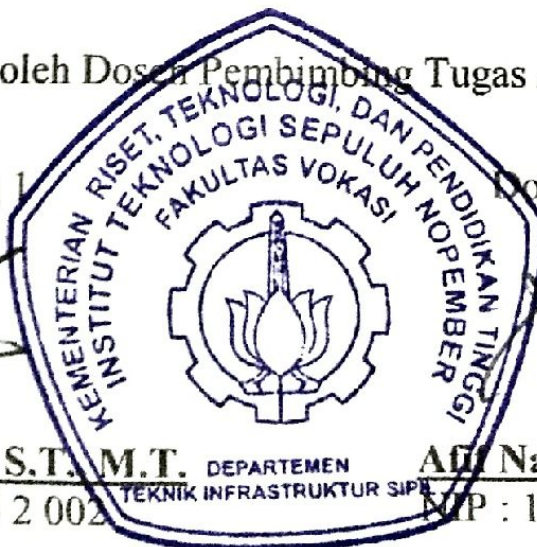
10 JUL 2019

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2







Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T. DEPARTEMEN **Adi Navir Refani, S.T., M.T.**
NIP : 19780201 200604 2 002 **TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL** NIP : 19840919 201504 1 001



**BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN**
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
41231/IT2.VI.8.1/TU.00.01/2019

Tanggal :
27/05/2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Evaluasi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng		
Nama Mahasiswa 1	FIKRI GHIFARI	NRP	10111510000002
Dosen Pembimbing 1	DR. Eng. Yuyun Tanjunisa, ST., MT. NIP. 19780201 200604 2 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP. 19730710 199802 1 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<p>① Hal 12. Apakah benar sesar kendeng kombinasinya besar di pulau Jawa</p> <p>② masalah ini bisa dimodelkan saron : masih banyak yang harus di pertimbangkan u/ penentuan beban gempa yang terkait di Jawa</p> <p>③ Letak Surabaya terhadap sesar kendeng Interplate & extraplate</p>	<p></p> <p>Dr. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP. 19590209 198603 1 002</p>
<p>1.) Input data koordinat hrs ditunjukkan / diselaskan → pemahaman</p> <p>2.) Jelaskan detail konsep dasar analisis response spectral matching, step-stepnya, M₁, R₁, flowchart di lengkapi proses, outputnya</p> <p>3.) Input Nerc, output SSA</p> <p>4.) Jelaskan input gempa ke ETABS</p>	<p></p> <p>Ir. Munarus Suluch, MS. NIP. 19550408 198203 1 003</p>
<p>④ Ground Motion P - Equation</p> <p>⑤ Jelaskan matching, target Spektrum seperti apa matching : membandingkan hasil ATH riil dengan respon spektrum yang dipakai menurut code Indonesia</p>	
<p>5.) Abstrak : Perkuatn Dan hasil produki gempa di aplikasikan pd gedung seperti apa dan disimpulkan</p>	

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Dicky Imam Wahyudi, MS	Ir. Munarus Suluch, MS.		
NIP. 19590209 198603 1 002	NIP. 19550408 198203 1 003	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	DR. Eng. Yuyun Tanjunisa, ST., MT. NIP. 19780201 200604 2 002	Afif Navir Refani, ST., MT. NIP. 19730710 199802 1 002



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Fikri Ghifari 2
NRP : 1 1011510000002 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sasar Kandang
Dosen Pembimbing : 1.) Dr. Eng. Yuyun Tojunrisa, S.T., M.T.
 2.) Afif Mokir Refoni, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	01-02-2019	<ul style="list-style-type: none"> → Permodelan struktur & untuk cek, tidak pakai kombinasi Envelope → Untuk cek penampang di ambil yang paling kritis → Pembahasan sesuaikan SAJI 1927:2013 → Pindahkan sebagian pembahasan gempa pada bab III ke bab IV 		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	11-02-2019	<ul style="list-style-type: none"> → Pelajari teori perilaku struktur baja (balok kolom, sambungan) → Format penulisan frame → Ex: (WESARG) → Output ETABS di crop dan masukkan ke TA 		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	19-02-2019	<ul style="list-style-type: none"> → Lanjutkan sampai rasio capacity balok di buat tabel → Bandingkan perhitungan manual dengan ETABS 		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	26-02-2019	<ul style="list-style-type: none"> → Geser sambungan di hitung → Tabel di selenggarakan 		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Fikri Ghifari **2**
NRP : 1 10111510000002 **2**
Judul Tugas Akhir : Evaluasi struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kandang
Dosen Pembimbing : 1.) Dr. Eng. Yuyun Tanjungisa, S.T., M.T.
 2.) Afif Navir Refani, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	06-03-2019	→ Lengkapi perhitungan dengan lendutan terjadinya rasainya.				
		→ Sambung. Juga dicek akibat Muat & luas		B	C	K
6	14-03-2019	→ Cek kekuatan balok lantai level apa perlu full satu bentang atau hanya setengah bentang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ 2 minggu lagi mau sudah selesai		B	C	K
		Perluatan balok - kolom		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	26-03-2019	→ Gambar bilah daerah perluasan				
		→ Perluatan untuk sambungan dicek ulang apakah perlu stiffener atau tidak		B	C	K
		→ Gambar perluatan kolom harus melibatkan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	1-04-2019	→ Metode pelaksanaan Perluatan : urutan pekerjaan, RAB, cara-cara pelaksanaan				
		Samaan		B	C	K
		→ Cek lagi perhitungan perluatan balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ Lanjutkan mengerjakan RAB & metode pelaksanaan				
9	23-04-2019	→ RAB per lantai		B	C	K
		→ Item pekerjaan di buat spesifik		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		→ untuk baut boleh (kg) boleh (buah)				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Fikri Ghifari 2
NRP : 1 10111510000002 2
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Struktur Bada Gedung Perumahan 10 Lantai di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng
Dosen Pembimbing : 1.) Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 2.) Afif Navir Refani, S.T., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10	23-04-2019	⇒ Bikin PPT untuk tugas akhir				
11	17-05-2019	⇒ Hubungkan Meleko pelaksanaan dengan key-plan. → masukk di word	<i>[Signature]</i>	B	C	K
12	21-05-2019	⇒ tambahkan Analisa Himp Satuan ⇒ Gambar metode di A3	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**“EVALUASI STRUKTUR BAJA GEDUNG
PERKULIAHAN 10 LANTAI DI SURABAYA AKIBAT
SIMULASI GEMPA SESAR KENDENG”**

Nama : Fikri Ghifari
NRP : 10111510000002
Jurusan : Sarjana Terapan Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil FV ITS
Dosen Pembimbing 1 : Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002
Dosen Pembimbing 2 : Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan lempeng besar di dunia dan beberapa lempeng kecil yang menyebabkan potensi terjadinya gempa sangat besar. Salah satu sumber gempa yang teridentifikasi adalah zona sesar aktif di bagian barat hingga bagian timur Indonesia. Riset geologi terbaru yang dipublikasikan oleh *Geophysical Research Letter* (2016) menunjukkan bahwa adanya patahan bernama Sesar Kendeng yang melintang sejauh 300 kilometer dari selatan Semarang, Jawa Tengah, hingga Jawa Timur dengan pergerakan 0,05 milimeter per tahun. Sehingga, penduduk Jawa Timur perlu mewaspadaai gempa yang akan terjadi akibat sesar Kendeng tersebut. Kondisi inilah yang menuntut supaya konstruksi bangunan yang akan dibangun maupun selesai dibangun harus di evaluasi sehingga masih memenuhi kaidah bangunan tahan gempa agar bangunan tidak mengalami kegagalan saat terjadi gempa.

Pada penelitian ini digunakan metode DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) untuk memperoleh *acceleration time history* pada batuan. Karena Indonesia masih minim catatan gerakan tanah, maka digunakan persamaan fungsi atenuasi untuk mengskalakan atau *matching* data riwayat waktu percepatan negara lain untuk dijadikan data riwayat waktu percepatan di lokasi yang ditinjau. Lalu dilanjutkan dengan SSA (*Site Specific Analysis*) untuk merambatkan percepatan gempa dari batuan menuju permukaan. Percepatan gempa yang ada di permukaan inilah yang digunakan sebagai beban gempa pada bangunan-bangunan infrastruktur.

Dari hasil analisa struktur dengan memasukan beban simulasi gempa Sesar Kendeng, beberapa elemen struktur baik balok, kolom, maupun sambungan mengalami *overstress*. Sehingga elemen-elemen struktur yang mengalami *overstress* perlu dilakukan perkuatan untuk mengantisipasi terjadinya gempa Sesar Kendeng di Surabaya

Keyword : Sesar Kendeng, Perkuatan struktur baja, Bangunan tahan gempa

“EVALUATION OF A 10-STOREY STEEL LECTURE HALL STRUCTURE IN SURABAYA DUE TO KENDENG FAULT SIMULATION”

Name : Fikri Ghifari
NRP : 10111510000002
Department : Sarjana Terapan Departemen Teknik
Infrastruktur Sipil FV ITS
1st Advisor : Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002
2nd Advisor : Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

ABSTRACT

Indonesia is a country located at the confluence of large plates in the world and several small plates which cause the potential for a very large earthquake. One of the identified earthquake sources is the active fault zone in the western to the eastern part of Indonesia. The latest geological research published by the Geophysical Research Letter (2016) shows that there is a fault called the Kendeng Fault that crosses 300 kilometers south of Semarang, Central Java, to East Java with a movement of 0.05 millimeters per year. Thus, the population of East Java needs to be aware of the earthquake that will occur due to the Kendeng fault. This condition requires that the construction of buildings that will be built or completed must be evaluated so that they still meet the principles of earthquake-resistant buildings so that the building does not fail when an earthquake occurs.

In this study, the DSHA (Deterministic Seismic Hazard Analysis) method was used to obtain acceleration time

history in rocks. Because Indonesia is still lacking in land movement records, the attenuation function equation is used to scale or match the time history of acceleration of other countries to be used as historical data when accelerating at the location to be reviewed. Then proceed with SSA (Site Specific Analysis) to propagate earthquake acceleration from rock to surface. This acceleration of the earthquake on the surface is used as an earthquake load on infrastructure buildings.

From the results of structural analysis by including the load of the Kendeng Fault earthquake simulation, several structural elements, both beam, column, and connection, have overstressed. So that the overstressing structural elements need to be strengthened to anticipate the occurrence of the Kendeng Fault earthquake in Surabaya

Keyword : *Kendeng fault, Steel structure strengthening, Earthquake resistant building.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT karena atas rahmat serta karunia-Nya sehingga proposal tugas akhir yang berjudul “Studi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng” dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Proposal tugas akhir ini adalah sebagai implementasi dari ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Sarjana Terapan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal tugas akhir ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan kakak saya yang selalu mendoakan, memberi motivasi dan semangat dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng”
3. Bapak Afif Navir Refani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua dalam penyusunan proposal tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng”
4. Bapak dan Ibu karyawan ITS (Ibu Sulfi dan Pak Didik) yang telah membantu serta membimbing dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
5. UNTAG Surabaya yang telah membantu memberikan data untuk Tugas Akhir ini.

6. Totok Andi Prasetyo, S.T., *engineer* Meinhardt yang telah mengajarkan ilmu-ilmu struktur baja.
7. Matius Kosasih, M.S., pemilik KNA Steel Master yang telah mengajarkan ilmu-ilmu struktur baja dan anggaran biaya konstruksi baja.
8. Grup asistensi Golkar dan teman seperjuangan TA struktur gedung (Rivaldi Ardans, Nurvia Awwalul, dan Karisma Fica), yang menemani dan memberi semangat selama pengerjaan proses tugas akhir ini.
9. Dinda Almirah Hariadi, yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
10. Serta teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil Diploma 4 kelas A angkatan 2015.

Saya selaku penyusun menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, saya berharap saran dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun pada umumnya dan bagi pembaca pada khususnya.

Surabaya, 20 Mei 2019

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	6
1.6 Data dan Konfigurasi Gedung	6
BAB II Tinjauan Pustaka	7
2.1 Perkembangan Peta Gempa Indonesia.....	7
2.2 Kegempaan Pulau Jawa	11
2.3 Sesar.....	13
2.3.1 Pengertian	13
2.3.2 Macam-macam <i>fault</i> model	13
2.3.3 Sesar Kendeng	15
2.4 <i>Ground Motion Prediction Equation (GMPE)</i>	16
2.5 <i>Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)</i>	19

2.6 Special Moment Frames (SMF)	22
2.7 Sistem Rangka Batang Silang Eksentris (<i>Eccentrically Braced-Frame Systems</i>)	23
2.8 Sistem Ganda (<i>Dual System</i>).....	29
2.9 Balok lentur.....	30
2.9.1 Pendahuluan.....	30
2.9.2 Perilaku Keruntuhan Elemen Struktur Balok.....	31
2.9.3 Rasio Lebar-Tebal dan Klasifikasi Penampang	33
2.9.4 Kuat Lentur Nominal	37
2.9.5 Tekuk Torsi Lateral	39
2.10 Kolom.....	46
2.10.1 Pendahuluan.....	46
2.10.2 Klasifikasi Penampang dan Tekuk Lokal	47
2.10.3 Kuat Tekan Nominal.....	50
2.11 Sambungan.....	53
2.11.1 Pendahuluan.....	53
2.11.2 Sambungan Las.....	54
2.11.3 Sambungan Baut.....	55
BAB III Metode Penelitian.....	69
3.1 Studi Literatur	71
3.2 Pengumpulan Data	72
3.3 Identifikasi Beban Statis Sesuai SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain	73
3.4 <i>Matching Acceleration Time History</i>	74
3.5 Analisis Struktur dengan ETABS17 dan Evaluasi Kemampuan Struktur	105

3.6 Perkuatan Struktur.....	107
BAB IV IDENTIFIKASI BEBAN	109
4.1 Analisa Pembebanan.....	109
4.2 Kombinasi Pembebanan.....	114
BAB V PERHITUNGAN KAPASITAS PENAMPANG.....	115
5.1 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 2 dan Lantai 3	115
5.1.1 Balok WF500.200.10.16, L = 9 m (WF500, L=9m)	115
5.1.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 2 dan Lantai 3	118
5.2 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 4 – Lantai 7	119
5.2.1 Balok WF500.200.10.16 Kantilever, L=4.75m (WF500 K, L=4.75m).....	119
5.2.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 4 - Lantai 7	121
5.3 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 8 – Lantai 10	123
5.3.1 Balok WF450.200.9.14, L = 9 m (WF450, L=9m)..	123
5.3.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 8 - Lantai 10	125
5.4 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Atap.....	127
5.4.1 Balok WF396.199.7.11, L=6m (WF396, L=6m).....	127
5.4.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Atap	129
5.5 Perhitungan Kapasitas Geser Balok.....	130
5.5.1 Balok WF500.200.10.16.....	130
5.5.2 Rekapitulasi Kapasitas Geser Balok	131

5.6 Perhitungan Kapasitas Kolom <i>King-cross</i>	132
5.6.1 <i>King-cross</i> 588.300.12.20	132
5.6.2 Rekapitulasi Kapasitas Kolom <i>King-Cross</i>	137
5.7 Perhitungan Kapasitas <i>Bracing</i>	139
5.7.1 Pipa 10” , L=4.5m.....	139
5.7.2 Rekapitulasi Kapasitas <i>Bracing</i>	140
5.8 Perhitungan Kapasitas Sambungan Balok-Kolom	141
5.8.1 Kapasitas Momen Sambungan <i>End-Plate</i> Balok B2 (WF500).....	141
5.8.2 Kapasitas Geser Sambungan <i>End-Plate</i> Balok B2 (WF500).....	143
5.8.3 Rekapitulasi Kapasitas Sambungan <i>End-Plate</i> Balok-Kolom	145
5.9 Perhitungan Kapasitas Sambungan <i>Bracing</i>	146
5.9.1 Kapasitas Sambungan <i>Bracing</i> Bentang 9m.....	146
5.9.2 Rekapitulasi Kapasitas Sambungan <i>Bracing</i>	148
BAB VI PERHITUNGAN PERKUATAN STRUKTUR	149
6.1 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Atap.....	149
6.1.1 Perkuatan Struktur Balok WF396, L=9m	149
6.1.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Atap	152
6.2 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 8 – Lantai 10.....	153
6.2.1 Perkuatan Struktur Balok WF500, L=13m	153
6.2.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 8 – Lantai 10	157
6.3 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 4 – Lantai 7.....	158

6.3.1 Perkuatan Struktur Balok WF500 kantilever.....	158
6.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 4 – Lantai 7.....	162
6.4 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 2 – Lantai 3	162
6.4.1 Perkuatan Struktur Balok WF298 L=13m.....	162
6.4.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 2 – Lantai 3.....	166
6.5 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Kolom <i>King-Cross</i>	167
6.5.1 Perkuatan Struktur Kolom K588	167
6.5.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Kolom <i>King-Cross</i>	170
6.6 Perkuatan Sambungan.....	171
BAB VII METODE PELAKSANAAN PERKUATAN STRUKTUR.....	175
7.1 Perkuatan Struktur Kolom dan Sambungan.....	177
7.2 Perkuatan Struktur Balok	178
7.3 Durasi Pekerjaan	186
BAB VIII RENCANA ANGGARAN BIAYA PERKUATAN STRUKTUR.....	189
BAB IX PENUTUP	195
10.1 Kesimpulan	195
10.2 Saran	197
DAFTAR PUSTAKA.....	199
BIODATA PENULIS.....	201
UCAPAN TERIMA KASIH.....	203
LAMPIRAN.....	205

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta tektonik wilayah Indonesia dari data geodetik hingga tahun 2016 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	1
Gambar 1. 2 Relokasi gempa di Indonesia hingga 2016 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	2
Gambar 1. 3 Salah satu masjid di Lombok akibat dari gempa Lombok (Dokumen pribadi Helmy Darjanto).....	3
Gambar 1. 4 Salah satu Hotel di Palu akibat dari gempa Palu (Dokumen pribadi Helmy Darjanto)	3
Gambar 2. 1 Peta percepatan gempa maksimum Indonesia tahun 1983 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	7
Gambar 2. 2 Peta percepatan puncak batuan dasar Indonesia dengan periode ulang 500 tahun yang terdapat dalam SNI 03-1726-2002 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	8
Gambar 2. 3 Peta percepatan puncak batuan dasar Indonesia untuk <i>probability of Exceedance</i> 2% dalam 50 tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	9
Gambar 2. 4 Seismisitas di pulau Jawa untuk gempa magnitudo ≥ 4.5 . Warna menunjukkan kedalaman gempa (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	12
Gambar 2. 5 Kategori patahan (Pawirodikromo, 2012)	14
Gambar 2. 6 Pemodelan <i>Strike Slip</i> (geologypage.com)	14
Gambar 2. 7 Pemodelan <i>Dip slip</i> (udc.ig.utexas.edu)	15
Gambar 2. 8 Grafik fungsi atenuasi deterministik kota Bandung akibat sesar Lembang (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	18

Gambar 2. 9 Ilustrasi proses <i>matching</i> riwayat waktu percepatan negara lain menjadi riwayat waktu percepatan kota Jakarta (Irsyam, 2009)	19
Gambar 2. 10 Langkah-langkah dalam melakukan analisis DSHA (Harnindra, Sunardi, & Santosa, 2017)	21
Gambar 2. 11 Perilaku inelastis sistem portal daktail (Dewobroto, 2016).....	22
Gambar 2. 12 Mekanisme inelastis sistem <i>bracing</i> (Dewobroto, 2016).....	23
Gambar 2. 13 Detail Split-K-braced EBF (Dewobroto, 2016)....	24
Gambar 2. 14 Bidang Momen dan Geser akibat sendi plastis pada ujung-ujung link (Taranath, 2005).....	26
Gambar 2. 15 Sudut rotasi link masing-masing konfigurasi <i>bracing</i> (Landolfo, Mazzolani, Dubina, Silva, & Aniello, 2017)	28
Gambar 2. 16 Kapasitas rotasi link yang bergantung pada panjang link (Landolfo, Mazzolani, Dubina, Silva, & Aniello, 2017).....	29
Gambar 2. 17 Tipe-tipe penampang yang digunakan sebagai balok (Liang, 2015)	31
Gambar 2. 18 Perilaku keruntuhan tarik baja daktail (Dewobroto, 2016).....	32
Gambar 2. 19 Diagram momen nominal dengan rasio kelangsingan (Williams, 2011).....	38
Gambar 2. 20 Hubungan Kapasitas lentur dengan Jarak pengekangan lateral, L_p (Williams, 2011)	40
Gambar 2. 21 Balok tertumpu sederhana dengan pengaku lateral tiap 5m (Nasution, 2011).....	43
Gambar 2. 22 Harga C_b yang diberikan oleh AISC dengan berbagai macam pembebanan (American Institute of Steel Construction, 2005)	45

Gambar 2. 23 <i>Alignment Chart</i> faktor konversi panjang efektif (Williams, 2011).....	52
Gambar 2. 24 Bentuk las sudut (Williams, 2011)	54
(a) (b)	56
Gambar 2. 25 Tipe-tipe sambungan baut : a) Sambungan baut tipe geser dan b) Sambungan baut tipe tarik (Dewobroto, 2016)	56
Gambar 2. 26 Tabel J3.1M pada SNI 1729:2015 gaya tarik baut prategang minimum (SNI 1729:2015)	58
Gambar 2. 27 Tegangan geser nominal dan kuat tarik nominal (SNI 1729:2015).....	60
Gambar 2. 28 Sambungan tipe tarik atau end-plate (Liang, 2015)	62
Gambar 2. 29 Sambungan momen <i>end-plate</i> tipe MBMA (Dewobroto, 2016)	64
Gambar 2. 30 Sambungan momen <i>end-plate</i> tipe lokal dengan plat ujung lebih tinggi daripada profil yang disambunginya (Steelconstruction.info)	64
Gambar 2. 31 Mekanisme efek <i>prying</i> yang dimodelkan dengan penampang profil Tee (Dewobroto, 2016)	65
Gambar 3. 1. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan	69
Gambar 3. 2. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan (lanjutan).....	70
Gambar 3. 3. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan (lanjutan).....	71
Gambar 3. 4 <i>Flowchart Deterministic Seismic Hazard Analysis</i>	74
Gambar 3. 5 <i>Flowchart Deterministic Seismic Hazard Analysis</i>	75
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> identifikasi sumber gempa	76

Gambar 3. 7 Koordinat UNTAG dan koordinat sesar Kendeng..	78
Gambar 3. 8 <i>Output</i> jarak antara lokasi yang di kaji dengan sesar Kendeng.....	78
Gambar 3. 9 <i>Flowchart</i> mencari ATH pada PEER <i>ground motion database</i>	80
Gambar 3. 10 <i>Search</i> data pada PEER Ground Motion Database	81
Gambar 3. 11 Data yang di tampilkan PEER	82
Gambar 3. 12 Data <i>ground motion</i> yang didapatkan dari PEER.	82
Gambar 3. 13 <i>Flowchart</i> pembuatan fungsi atenuasi	83
Gambar 3. 14 Input data-data fungsi atenuasi	84
Gambar 3. 15 Fungsi Atenuasi Deterministik pada lokasi UNTAG	85
Gambar 3. 16 Data waktu (kolom kiri) Vs percepatan (kolom kanan) hasil dari excell NGA_Models_Version2_4.....	85
Gambar 3. 17 Perbandingan spektrum probabilistik 2012 dengan fungsi atenuasi deterministik Surabaya	86
Gambar 3. 18 <i>Flowchart Matching</i> ATH.....	87
Gambar 3. 19 <i>Software</i> Seismo Match v2016	88
Gambar 3. 20 Langkah pertama dalam <i>matching acceleration time history</i>	89
Gambar 3. 21 Kotak <i>input file parameters</i>	90
Gambar 3. 22 <i>acceleration time history</i> batuan San Simeon 2003	90
Gambar 3. 23 <i>Define target spectrum</i> untuk menentukan fungsi atenuasi.....	91
Gambar 3. 24 Opsi <i>load spectrum from file</i>	92
Gambar 3. 25 Opsi <i>load spectrum from file</i>	92

Gambar 3. 26 <i>Do matching</i> untuk memulai proses <i>matching acceleration time history</i>	93
Gambar 3. 27 Hasil <i>matching ground motion</i> batuan dari negara lain ke lokasi yang ditinjau.....	94
Gambar 3. 28 opsi <i>Response Spectra</i>	94
Gambar 3. 29 Hasil verifikasi <i>spectral matching</i>	95
Gambar 3. 30 <i>Flowchart Site Specific Analysis</i>	96
Gambar 3. 31 <i>save record</i> untuk menyimpan data <i>matched accelerograms</i>	97
Gambar 3. 32 <i>save record</i> untuk menyimpan data <i>matched accelerograms</i>	98
Gambar 3. 33 <i>Output</i> setelah <i>save record</i> berupa <i>file Text Document</i>	98
Gambar 3. 34 <i>Output</i> setelah <i>save record</i> berupa <i>file Text Document</i> . Kotak merah adalah data yang di <i>copy</i>	99
Gambar 3. 35 Data <i>save record</i> yang telah di <i>paste</i> pada <i>Sheet Earthquake</i>	99
Gambar 3. 36 Input <i>Add-ins</i>	100
Gambar 3. 37 file <i>Add-ins</i>	101
Gambar 3. 38 <i>initial step</i> berupa <i>Process Earthquake Data</i>	101
Gambar 3. 39 <i>Calculate step-by-step</i>	102
Gambar 3. 40 <i>Modified Acceleration Time History surface motion</i> Sesar Kendeng arah timur-barat dengan <i>maximum acceleration</i> 0.097(g)	103
Gambar 3. 41 <i>Modified Acceleration Time History surface motion</i> Sesar Kendeng arah utara-selatan dengan <i>maximum acceleration</i> 0.104(g)	103

Gambar 3. 42 <i>Modified Acceleration Time History surface motion</i> Sesar Kendeng arah vertikal dengan maximum acceleration 0.148(g)	104
Gambar 3. 43 Pemodelan struktur baja untag.....	105
Gambar 3. 44 <i>Output</i> rasio kapasitas struktur portal arah – x ..	106
Gambar 4. 1 Input pembebanan <i>acceleration time history</i> pada ETABS untuk gempa arah vertikal.....	110
Gambar 4. 2 Hasil sebagian analisis perambatan gelombang dari batuan menuju permukaan.....	111
Gambar 4. 3 Parameter <i>Time (sec)</i> dan <i>Absolute Acceleration (g)</i> dalam <i>notepad</i>	112
Gambar 4. 4 tampilan <i>Define Time History Functions</i> pada ETABS	112
Gambar 4. 5 tampilan <i>Time History Function Definition</i>	113
Gambar 5. 1 Lokasi WF500, L=9 m.....	115
Gambar 5. 2 Lokasi WF500 K, L=4.75.....	119
Gambar 5. 3 Lokasi WF450, L=9m.....	123
Gambar 5. 4 Lokasi WF396, L=6m.....	127
Gambar 5. 5 Konfigurasi <i>Extended End-Plate</i> delapan baut + pengaku	141
Gambar 5. 6 Konfigurasi sambungan <i>bracing</i>	146
Gambar 6. 1 Profil WF396 modifikasi	150
Gambar 6. 2 Profil WF396 modifikasi akhir	153
Gambar 6. 3 Profil WF500, L=13m modifikasi	155

Gambar 6. 4 Profil WF500 L=13m modifikasi akhir	157
Gambar 6. 5 Profil WF500 kantilever modifikasi	159
Gambar 6. 6 Profil WF500 kantilever modifikasi akhir.....	160
Gambar 6. 7 Konfigurasi sambungan perkuatan WF500 kantilever	161
Gambar 6. 8 Profil WF298 L=13m modifikasi	164
Gambar 6. 9 Profil WF298 L=13m modifikasi akhir	165
Gambar 6. 10 Profil <i>king-cross</i> K588 modifikasi	167
Gambar 6. 11 Konfigurasi sambungan balok B2 modifikasi	171
Gambar 7. 1 <i>Scaffolding</i> (solusikonstruksi.com)	175
Gambar 7. 2 <i>Chain Block</i> kapasitas 5 ton (http://www.tocolifting.co.za)	175
Gambar 7. 3 Contoh <i>box I</i> (untuk <i>erection</i> (Dokumen pribadi)	176
Gambar 7. 4 <i>Jack</i> hidrolik (dokumen pribadi).....	176
Gambar 7. 5 Bor magnet tipe <i>rotary</i> (Dokumen pribadi).....	177
Gambar 7. 6 Alat-alat las (https://id.carousell.com).....	177
Gambar 7. 7 Pekerjaan perkuatan kolom dan sambungan	178
Gambar 7. 8 Lokasi balok perkuatan WF500 bentang 13 m lantai 2.....	179
Gambar 7. 9 Pekerjaan persiapan <i>erection</i>	180
Gambar 7. 10 persiapan proses <i>erection</i> dengan menggunakan <i>chain block</i>	180
Gambar 7. 11 <i>Box I</i> dan <i>Chain block</i>	181
Gambar 7. 12 Proses <i>erection</i> profil perkuatan.	181
Gambar 7. 13 Ilustrasi peletakkan balok perkuat diatas <i>jack</i> hidrolik	182

Gambar 7. 14 Ilustrasi pelepasan rantai *chain block* dari profil perkuatan182

Gambar 7. 15 Posisi balok perkuat dibawah balok eksisting yang akan diperkuat183

Gambar 7. 16 Ilustrasi pendongkrakan perkuatan pada profil eksisting.....183

Gambar 7. 17 Proses pengelasan profil perkuatan terhadap profil eksisting.....184

Gambar 7. 18 Proses *erection* pada balok kantilever lantai 4-7 dan 8-10.....185

Gambar 7. 19 Pemasangan perkuatan balok kantilever lantai 4-7186

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Peta gempa 2010 dengan peta gempa 2017 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	9
Tabel 2. 2 Data sumber gempa Sesar Kendeng (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017).....	16
Tabel 2. 3 Klasifikasi elemen tekan batang memikul lentur (SNI 1729:2015)	34
Tabel 2. 4 Klasifikasi elemen penampang menahan tekan aksial (SNI 1729:2015).....	48
Tabel 3. 1 Sumber gempa Sesar Kendeng (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)	77
Tabel 5. 1 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 2 dan lantai 3	118
Tabel 5. 2 Rekapitulasi lendutan balok lantai 2 dan lantai 3	118
Tabel 5. 3 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 4 – lantai 7	121
Tabel 5. 4 Rekapitulasi lendutan balok lantai 4 – lantai 7.....	122
Tabel 5. 5 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 8 – lantai 10	125
Tabel 5. 6 Rekapitulasi lendutan balok lantai 8 – lantai 10.....	126
Tabel 5. 7 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok atap.....	129
Tabel 5. 8 Rekapitulasi lendutan balok atap.....	129
Tabel 5. 9 Rekapitulasi kapasitas geser balok.....	131

Tabel 5. 10 Rekapitulasi kapasitas kolom <i>King-Cross</i>	137
Tabel 5. 11 Rekapitulasi rasio kombinasi aksial dan lentur kolom <i>King-Cross</i>	138
Tabel 5. 12 Rekapitulasi defleksi lateral (<i>drift</i>) kolom <i>King-Cross</i>	138
Tabel 5. 13 Rekapitulasi kapasitas <i>bracing</i>	140
Tabel 5. 14 Rekapitulasi kapasitas lentur sambungan <i>end-plate</i> balok-kolom.....	145
Tabel 5. 15 Rekapitulasi kapasitas geser sambungan <i>end-plate</i> balok-kolom.....	145
Tabel 5. 16 Rekapitulasi kapasitas sambungan <i>bracing</i>	148
Tabel 6. 1 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok atap	152
Tabel 6. 2 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 8 – lantai 10	157
Tabel 6. 3 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 4 – lantai 7	162
Tabel 6. 4 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 2 – lantai 3	166
Tabel 6. 5 Rekapitulasi perhitungan perkuatan kolom <i>King-Cross</i>	170
Tabel 6. 6 Rekapitulasi perhitungan perkuatan sambungan balok-kolom.....	173
Tabel 7. 1 Koefisien tenaga kerja (HSPK, 2018)	186
Tabel 8. 1 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 1	189

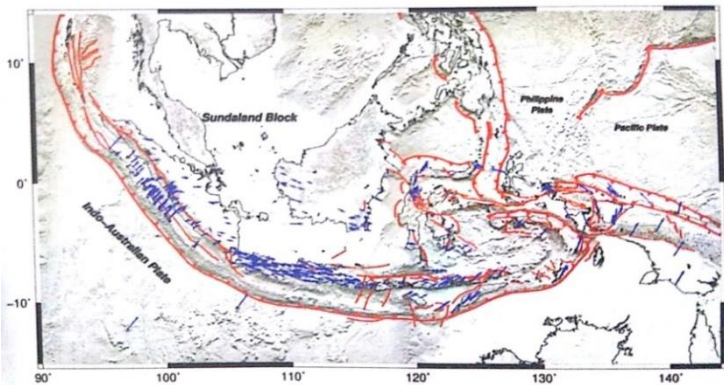
Tabel 8. 2 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 2	189
Tabel 8. 3 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 3	190
Tabel 8. 4 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 4	190
Tabel 8. 5 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 5	191
Tabel 8. 6 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 6	191
Tabel 8. 7 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 7	192
Tabel 8. 8 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 8	192
Tabel 8. 9 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 9	193
Tabel 8. 10 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 10	193
Tabel 8. 11 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai atap	194

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB I PENDAHULUAN

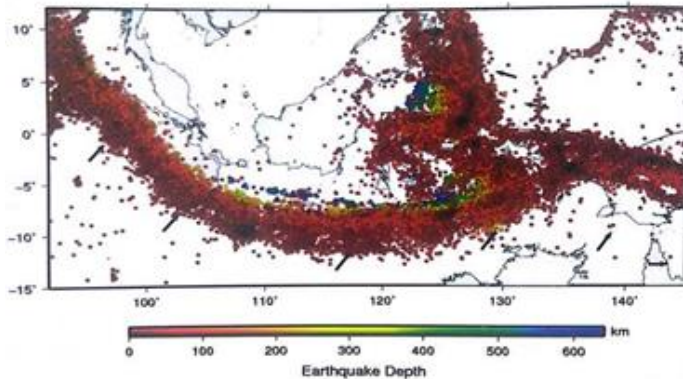
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang terletak pada pertemuan lempeng besar di dunia dan beberapa lempeng kecil (Bird, 2013), menyebabkan potensi terjadinya gempa. Indonesia dikelilingi oleh empat lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Laut Filipina, dan Lempeng Pasifik. Informasi geodetik, geologis, dan seismologis menunjukkan bahwa terdapat 8 lempeng kecil lainnya yang saling bertemu. Diantaranya adalah Burma, Sunda, Laut Banda, Laut Maluku, Timor, Kepala Burung, Maoke, dan Woodlark.



Gambar 1. 1 Peta tektonik wilayah Indonesia dari data geodetik hingga tahun 2016 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Akibat dari proses tektonik yang terjadi, gempa sering terjadi hampir di seluruh Indonesia. Salah satu sumber gempa yang teridentifikasi adalah zona sesar aktif di bagian barat hingga bagian timur Indonesia.



Gambar 1. 2 Relokasi gempa di Indonesia hingga 2016 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Dampak dari sesar aktif ini adalah terjadinya gempa lombok pada tanggal 29 Juli 2018 dengan kekuatan 6.4 *Magnitude* dan pada tanggal 5 Agustus 2018 dengan kekuatan 7 *Magnitude*. Hasil analisis yang dilakukan BMKG bahwa gempa Lombok terjadi akibat dari aktivitas sesar dangkal *Back-Arc Thrust* (BMKG, 2018). Lalu pada tanggal 28 September 2018 terjadi gempa di kota Palu dengan kekuatan 7.4 *Magnitude*. Hasil analisis yang dilakukan BMKG bahwa gempa Palu terjadi akibat dari aktivitas sesar dangkal Palu-Koro (BMKG, 2018). Kedua bencana tersebut telah merusak bangunan-bangunan infrastruktur sipil yang menyebabkan kerugian baik material maupun non-material. Dari kedua bencana tersebut juga dapat diambil kesimpulan bahwa sesar dangkal perlu diwaspadai karena dampaknya yang begitu

besar khususnya pada bangunan-bangunan Infrastruktur sipil.



Gambar 1. 3 Salah satu masjid di Lombok akibat dari gempa Lombok (Dokumen pribadi Helmy Darjanto)



Gambar 1. 4 Salah satu Hotel di Palu akibat dari gempa Palu (Dokumen pribadi Helmy Darjanto)

Riset geologi terbaru yang dipublikasikan oleh *Geophysical Research Letter* (2016) menunjukkan bahwa adanya patahan bernama Sesar Kendeng yang melintang

sejauh 300 kilometer dari selatan Semarang, Jawa Tengah, hingga Jawa Timur dengan pergerakan 0,05 milimeter per tahun. Sehingga, penduduk Jawa Timur perlu mewaspadai gempa yang akan terjadi akibat sesar Kendeng tersebut. Kondisi inilah yang menuntut supaya konstruksi bangunan yang akan dibangun memenuhi kaidah bangunan tahan gempa agar bangunan tidak mengalami kegagalan saat terjadi gempa.

Bangunan yang ditinjau merupakan gedung perkuliahan 10 lantai di Surabaya yang dibangun untuk menambah fasilitas perkuliahan. Bangunan ini mulai dibangun pada bulan Maret tahun 2017, yang artinya perencanaan bangunan ini masih menggunakan peta gempa 2010 dan perencanaan gedung tahan gempa atau SNI 1726-2012. Oleh karena itu, perlu adanya studi yang membahas tentang akibat dari Sesar Kendeng terhadap gedung perkuliahan 10 lantai di Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pokok yang ada pada gedung perkuliahan 10 lantai yang berlokasi di Surabaya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengidentifikasi gempa Sesar Kendeng?
2. Bagaimana cara menghitung beban riwayat waktu percepatan simulasi gempa Sesar Kendeng?
3. Bagaimana kontrol kekuatan struktur balok, kolom, dan sambungan terhadap simulasi gempa Sesar Kendeng?
4. Metode perkuatan apa saja yang digunakan apabila kapasitas elemen struktur yang terjadi kurang dari gaya ultimit ?
5. Berapa biaya yang dibutuhkan untuk perkuatan struktur?

6. Bagaimana metode pelaksanaan perkuatan dilapangan?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup pembatasan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Anggaran biaya yang dihitung hanya anggaran biaya perkuatan, bukan anggaran gedung secara keseluruhan
2. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi dan instalasi listrik.
3. Metode pelaksanaan hanya difokuskan pada perkuatan, bukan metode pelaksanaan secara keseluruhan.
4. Tidak menghitung struktur sekunder.
5. Tidak menghitung struktur bawah.
6. Perhitungan beban gempa menggunakan program excel “NGA_Models_Version2_4” , program “SeismoMatch v2016”, dan program excel “NERA” . Tetapi tidak membahas proses program.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi gempa Sesar Kendeng
2. Menghitung beban riwayat waktu percepatan simulasi gempa Sesar Kendeng.
3. Mengetahui perilaku sistem struktur yang terjadi akibat simulasi gempa Sesar Kendeng.
4. Mengetahui kekuatan struktur balok, kolom, dan sambungan akibat simulasi gempa Sesar Kendeng.
5. Mengetahui desain perkuatan yang akan direncanakan untuk meningkatkan kapasitas struktur akibat simulasi gempa Sesar Kendeng.

6. Mengetahui biaya perkuatan struktur akibat simulasi gempa Sesar Kendeng.
7. Untuk memperoleh detail gambar perkuatan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kemampuan elemen struktur akibat simulasi gempa Sesar Kendeng.
2. Sebagai referensi evaluasi bangunan lain yang sejenis.
3. Mengetahui langkah-langkah dalam perhitungan beban gempa riwayat waktu percepatan Sesar kendeng.

1.6 Data dan Konfigurasi Gedung

Data proyek untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

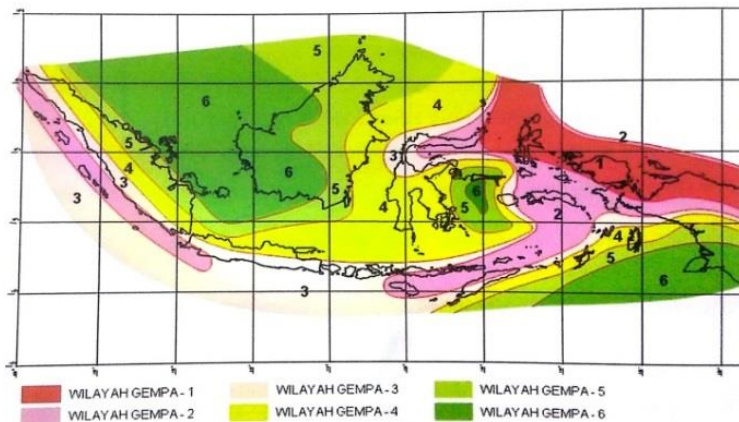
Nama proyek	: Gedung Fakultas Teknik Universitas Tujuh Belas Agustus
Alamat proyek	: Jl. Semolowaru No. 45, Surabaya
Pemilik proyek	: Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya
Struktur atap	: Plat beton datar
Struktur bangunan	: Baja <i>Hot-Rolled</i>
Bentang panjang podium	: 58 meter
Bentang pendek podium	: 32.5 meter
Bentang panjang tower	: 32 meter
Bentang pendek tower	: 31 meter

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Perkembangan Peta Gempa Indonesia

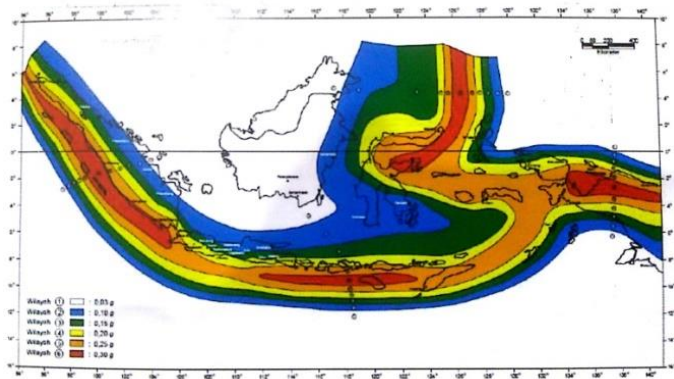
Hingga saat ini Indonesia memiliki tiga peta *hazard* gempa telah digunakan secara nasional baik untuk perencanaan gedung maupun perencanaan infrastruktur tahan gempa lainnya sejak tahun 1983.



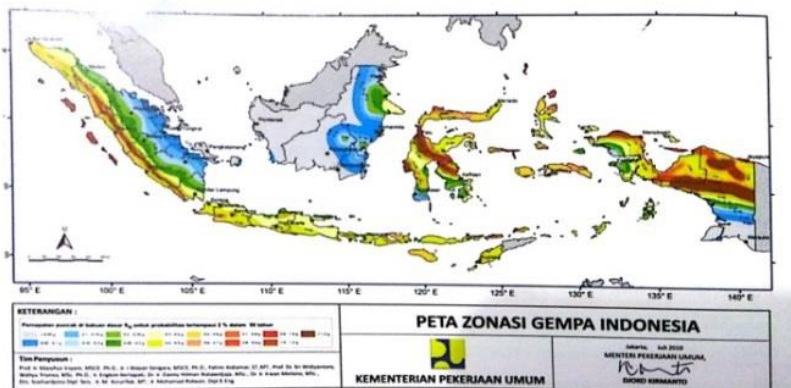
Gambar 2. 1 Peta percepatan gempa maksimum Indonesia tahun 1983 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Pada tahun 2002 empat kelompok peneliti menghasilkan peta percepatan puncak di batuan dasar Indonesia dengan periode 500 tahun dan menjadi peta gempa dalam SNI 03-1726 tahun 2002 (Gambar 2.2). Sejak diterbitkan SNI 1726 tahun 2002 ini telah terjadi gempa yang Magnitudonya melebihi perkiraan, contohnya adalah gempa Aceh (2004) dan gempa Nias (2005). Setelah kejadian tersebut, studi intensif dilakukan untuk meneliti sesar aktif di Indonesia semakin

menguatkan kebutuhan untuk memperbaiki peta gempa Indonesia tersebut. Pada tahun 2010, Departemen Pekerjaan Umum dengan dukungan dari ITB (Institut Teknologi Bandung), LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia), BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika), serta asosiasi profesi yang berhubungan dengan industri konstruksi seperti HATTI (Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia) dan HAKI (Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia) menginisiasi usaha pemutakhiran Peta Gempa Nasional 2010 (Gambar 2.3).



Gambar 2. 2 Peta percepatan puncak batuan dasar Indonesia dengan periode ulang 500 tahun yang terdapat dalam SNI 03-1726-2002 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)



Gambar 2. 3 Peta percepatan puncak batuan dasar Indonesia untuk *probability of Exceedance* 2% dalam 50 tahun (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Perbedaan peta gempa terbaru (tahun 2017) dengan peta gempa terdahulu (2010) adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Perbandingan Peta gempa 2010 dengan peta gempa 2017 (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

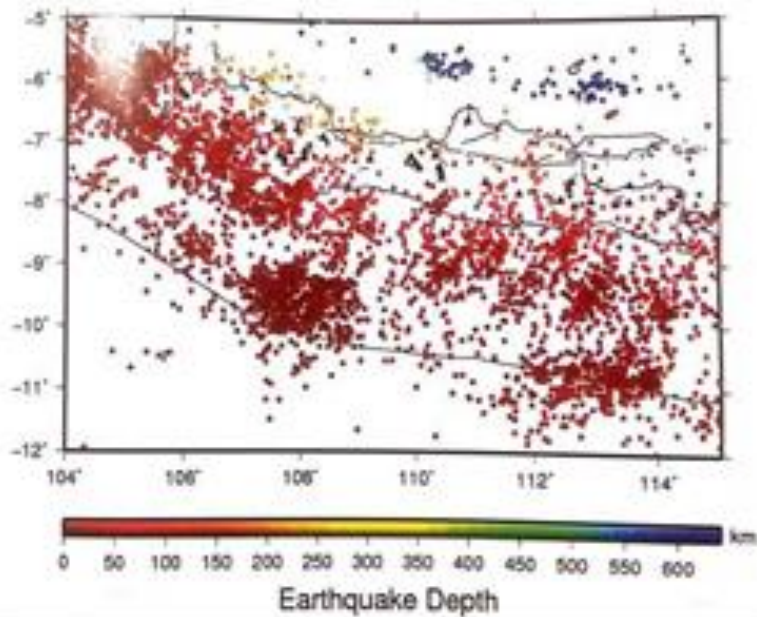
	Peta gempa 2010	Peta gempa 2017
Katalog gempa	Untuk BG <i>Sources non relocation</i>	Untuk BG <i>Sources relocation</i>
Sumber gempa sesar dangkal	81 Sesar aktif	251 Sesar aktif
Software	<ul style="list-style-type: none"> • USGS Software • EZ-Frisk Software (sebagai kontrol) 	<ul style="list-style-type: none"> • USGS Software • OpenQuake Software • EZ-Frisk Software (sebagai

		kontrol)
Fungsi Atenuasi :		
1. <i>Shallow Crustal</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Boore-Atkinson NGA, 2008 • Campbell - Bozorgnia NGA, 2008 • Chiou-Youngs NGA, 2008 	<ul style="list-style-type: none"> • Boore-Atkinson NGA, 2008 • Campbell-Bozorgnia NGA, 2008 • Chiou-Youngs NGA, 2008 • Update NGA West-2, 2015
2. Subduksi	<ul style="list-style-type: none"> • Youngs et al, SRL, 1997 • Atkinson & Boore, 2003 • Zhao et al, 2006 	<ul style="list-style-type: none"> • Youngs et al, SRL, 1997 • Atkinson & Boore, 2003 • Zhao et al, 2006 • BC Hydro Att (Abrahams on et al, 2015)
3. <i>Benioff Zone</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Atkinson-Boore, 1995 • Youngs et al, 1997 	<ul style="list-style-type: none"> • Atkinson-Boore, 1995 • Youngs et al, 1997

	<ul style="list-style-type: none"> • AB 2003 intraslab <i>seismicity world data</i>, BC-rock cond. (Atkinson-Boore, 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> • AB 2003 intraslab <i>seismicity world data</i>, BC-rock cond. (Atkinson-Boore, 2003) • BC Hydro Att (Abrahams on et al, 2015)
--	--	--

2.2 Kegempaan Pulau Jawa

Seismisitas di pulau Jawa didominasi oleh gempa yang berkaitan dengan subduksi dan sesar-sesar di darat. Dalam waktu dua dekade terakhir, terjadi empat gempa yang menimbulkan kerusakan yang signifikan yaitu gempa tsunami $M_w = 7.6$ pada tahun 1994 di Jawa Timur, gempa $M_w = 7.7$ pada tahun 2006 dan $M_w = 7.0$ pada tahun 2009 di Jawa Barat.



Gambar 2. 4 Seismisitas di pulau Jawa untuk gempa magnitudo ≥ 4.5 . Warna menunjukkan kedalaman gempa (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Selain itu, gempa tsunami yang signifikan dengan $M_w = 7.5$ tahun 1921 juga terjadi di antara gempa tsunami 1994 dan 2006 (Okal, 2012). Dalam kurun waktu 2009-2015, aktivitas kegempaan yang mengelompok masih ditemui di sekitar lokasi gempa 1994 dan 2006. Gempa tsunami 1994 merupakan gempa dengan mekanisme gempa *thrust* dan diikuti oleh *aftershock* yang sebagian besar mekanismenya berupa sesar normal (Abercrombie dkk., 2001). Abercrombie dkk. (2001) menyimpulkan gempa ini terjadi di zona *sea mount* yang tersubduksi dan

memicu terjadinya gempa sesar normal pada *outer rise* di kerak samudera Indo-Australia. Hasil relokasi memperlihatkan sesar normal pada *outer rise* tersebut memiliki kemiringan yang curam dan seismisitasnya menerus hingga kedalaman sekitar 150 km (Shiddiqi, 2015).

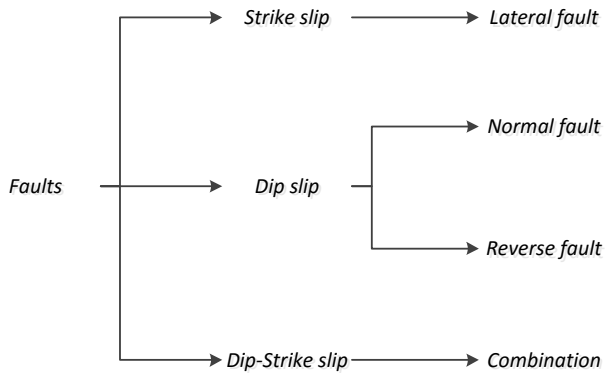
2.3 Sesar

2.3.1 Pengertian

Sesar atau patahan merupakan fenomena Bergeraknya massa tanah atau batuan lebih banyak diakibatkan oleh aktivitas tektonik yang kemudian pada umumnya disebut gerakan lempeng tektonik (Pawirodikromo, 2012). Tegangan yang dapat mengakibatkan patahan (*fault*) pada umumnya diakibatkan oleh pengaruh dua gaya yang saling berlawanan baik arah vertikal maupun horizontal. Apabila terjadi patahan atau *fault* maka telah terjadi *permanent shear displacement* antara dua blok massa tanah atau batuan. *Permanent shear displacement* dapat kearah horizontal, vertikal, maupun kombinasi diantaranya. Sesar termasuk dalam gempa *Intraplate* karena gempa yang terjadi jauh dari lokasi *plate boundaries* dan terjadi pada lempeng tektonik yang stabil (Pawirodikromo, 2012)

2.3.2 Macam-macam *fault* model

Patahan memiliki bidang patah yang sangat tidak beraturan. Secara sederhana patahan dapat dibagi menjadi tiga tipe : *Strike slip*, *Dip slip*, dan *Dip-strike slip*. Masing-masing tipe memiliki gaya yang menyebabkan *slip* berbeda-beda dan memiliki model *slip* yang berbeda-beda.



Gambar 2. 5 Kategori patahan (Pawirodikromo, 2012)

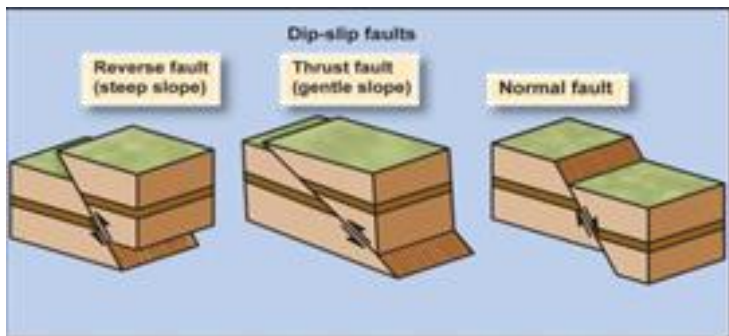
Strike slip merupakan patahan yang massa batuan nya menggeser secara horisontal. Patahan ini terjadi akibat dua lempeng tektonik atau dua massa batuan yang bergerak horisontal secara berlawanan. Contoh dari *fault* ini adalah patahan San Andreas yang terletak di negara Amerika Serikat.



Gambar 2. 6 Pemodelan *Strike Slip* (geologypage.com)

Dip slip merupakan patahan yang massa batuan yang searah dengan *dip vector* (slip keatas atau kebawah). Slip jenis ini dikategorikan menjadi 2 macam : Slip akibat gaya *compression* dan slip akibat gaya *tension*. Slip akibat gaya *compression* dibagi menjadi dua, *reverse fault* dan *thrust fault*. Sedangkan akibat gaya *tension* disebut *normal fault*.

Dip-strike slip fault merupakan kombinasi antara *strike-slip fault* dengan *dip-slip fault*. Patahan ini disebut *oblique fault* (OF). Kenyataan di lapangan, patahan tidak hanya murni satu *fault* saja. Namun patahan bisa saja kombinasi diantara tiga patahan yang disebutkan diatas.



Gambar 2. 7 Pemodelan *Dip slip* (udc.ig.utexas.edu)

2.3.3 Sesar Kendeng

Sesar kendeng merupakan zona sesar yang memanjang mengarah barat ke timur dari Jawa Tengah hingga Jawa Timur. Sesar ini terdiri dari kumpulan sesar-sesar naik dan lipatan-lipatan (*blind faults*) yang dapat diamati dari adanya anomali Bouguer di daerah ini (Hamilton, 1979; Simandjuntak dan Barber, 1996; Smyth, 2008). Sesar ini bertipe *fault reverse* dengan pergerakan 0.05mm per tahunnya. Di bagian barat sesar Kendeng ini terlihat

menyambung ke dalam sistem sesar Semarang dan Baribis. Gempa-gempa dangkal berukuran sedang (M4-5) terjadi di sepanjang zona sesar ini dalam beberapa tahun terakhir. Bukti pergerakan sesar ini dapat diamati dengan adanya teras-teras sungai yang terangkat seiring dengan pergerakan sesar ini (Marliyani, 2016). Sesar kendeng termasuk dalam gempa tipe *fault* atau sesar dangkal yang berkekuatan 6.5 Magnitudo. Kontribusi gempa akibat sesar Kendeng pada pulau Jawa intensitasnya tidak sebanyak gempa subduksi (gambar 2.4) karena frekuensi kejadian gempa *Interplate* (Subduksi) lebih sering daripada gempa intraplate (*Shallow crustal / fault*) (Pawirodikromo, 2012)

Tabel 2. 2 Data sumber gempa Sesar Kendeng (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

<i>Main Fault</i>	<i>Segment</i>	<i>Slip Rate</i> <i>mm/yr</i>	<i>Fault</i> <i>Mechanis</i>	<i>Mmax</i> <i>Magnitude</i>
	Waru	0.05	Reverse-slip	6.5
	Surabaya	0.05	Reverse-slip	6.5
Kendeng	Blumbang	0.05	Reverse-slip	6.5
	Cepu	0.1	Reverse-slip	6.5
	Purwodadi	0.1	Reverse-slip	6.5

2.4 Ground Motion Prediction Equation (GMPE)

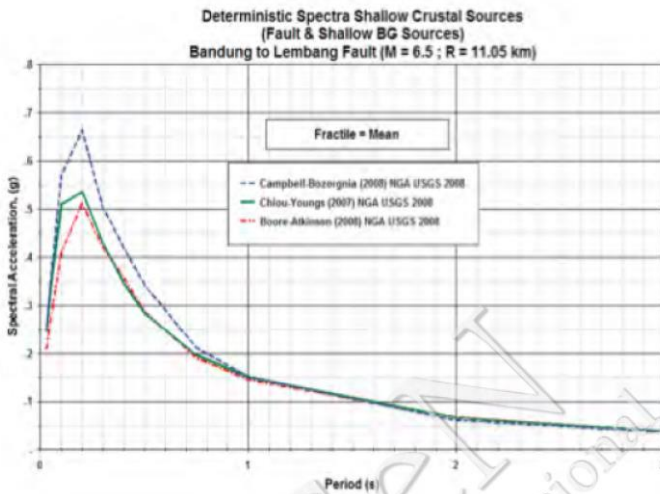
Ground motion prediction equation atau fungsi atenuasi atau target spektra merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk mengestimasi tingkat guncangan tanah akibat gempa dengan magnitudo, jarak dari sumber

ke lokasi pengamatan dan kondisi sumber gempa tertentu. Fungsi atenuasi atau target spektra secara umum mempresentasikan fungsi-fungsi yang terkait dengan informasi sumber gempa, jalur penjaralan gelombang gempa, dan kondisi lokasi titik pengamatan. Menurut David M. Boore, et al (2008), faktor yang mempengaruhi persamaan fungsi atenuasi adalah sebagai berikut :

1. Magnitudo gempa
Kekuatan guncangan tanah yang diakibatkan oleh suatu gempa sangat bergantung pada besarnya magnitudo gempa yang terjadi. Semakin besar gempa, semakin besar pula guncangan tanah pada suatu lokasi demikian pula sebaliknya.
2. Jarak sumber gempa
Tingkat guncangan tanah akibat gempa di suatu lokasi sangat bergantung pada jarak lokasi tersebut terhadap sumber gempa. Untuk persamaan fungsi atenuasi, cukup menggunakan jarak episenter yang relatif mudah dihitung (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Jarak yang terpendek antara sumber gempa dengan lokasi yang ditinjau adalah jarak yang dipilih (Sunardi, Rohadi, Haryoko, & Shahzad, 2017)
3. Mekanisme atau Jenis sumber gempa
Pengelompokan mekanisme sumber gempa yang berbeda mempunyai karakteristik atenuasi yang berbeda. Hal ini disebabkan masing-masing mekanisme sumber gempa mempunyai sifat dan pola penjaralan gelombang gempa yang berbeda.

Persamaan GMPE pada umumnya dikembangkan sesuai dengan rekaman aktual gerakan tanah atau akselograf. Namun karena kelangkaan catatan gerakan tanah untuk wilayah Indonesia, diperbolehkan menggunakan persamaan atenuasi yang dikembangkan

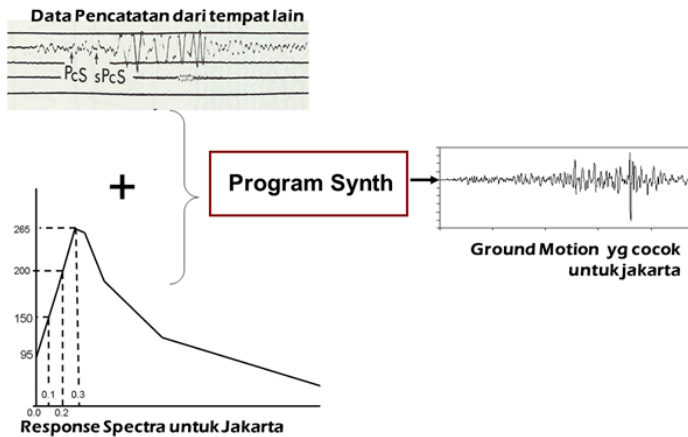
untuk wilayah lain di dunia (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Oleh karena itu dalam buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017, persamaan GMPE atau persamaan fungsi atenuasi sebagian besar menggunakan data rekaman akselograf yang berasal dari seluruh dunia (*worldwide data*). Gambar 2.8 berikut adalah salah satu contoh hasil analisis fungsi atenuasi deterministik yang di analisis oleh Asrurifak (2010) :



Gambar 2. 8 Grafik fungsi atenuasi deterministik kota Bandung akibat sesar Lembang (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

Persamaan fungsi atenuasi dapat digunakan untuk mengskalakan atau *matching* data riwayat waktu percepatan negara lain untuk dijadikan data riwayat waktu percepatan di Indonesia (Harnindra, Sunardi, & Santosa, 2017).

Apa guna response spectra di batuan dasar?



Gambar 2. 9 Ilustrasi proses *matching* riwayat waktu percepatan negara lain menjadi riwayat waktu percepatan kota Jakarta (Irsyam, 2009)

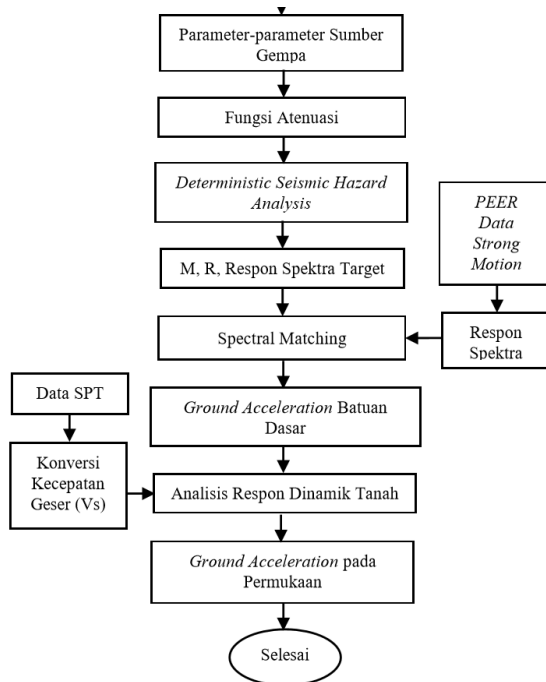
2.5 Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)

Metode DSHA dilakukan dengan mempertimbangkan skenario terburuk yang akan terjadi. Skenario ini mengenai kejadian gempa dengan magnitudo tertentu yang akan terjadi pada lokasi yang telah ditetapkan. Tahapan metode DSHA yang dijelaskan dalam buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi sumber gempa di suatu lokasi yang berpotensi menghasilkan *ground motion* yang signifikan. Karena catatan gempa di Indonesia berupa riwayat waktu masih kurang, maka boleh menggunakan data riwayat waktu percepatan negara lain yang memiliki kondisi seismologi yang mendekati lokasi yang di kaji (Pusat Studi Gempa

Nasional, 2017). Pemilihan *ground motion* juga dapat didasarkan pada besarnya Magnitudo dan jarak *epicenter* yang mempunyai kemiripan karena sedikitnya data pencatatan akselogram. (Haselton , et al., 2012)

2. Penentuan jarak sumber gempa ke lokasi yang di kaji. Pada metode DSHA digunakan jarak *epicenter* yang terpendek (Sunardi, Rohadi, Haryoko, & Shahzad, 2017)
3. Pemilihan gempa (*controlling earthquake*), untuk memperkirakan hasil guncangan terbesar dengan cara membandingkan besar guncangan yang dihasilkan gempa pada jarak dan lokasi tertentu.
4. Pendefinisian bahaya yang terjadi pada suatu lokasi dalam bentuk *ground motion* yang terjadi akibat dari pemilihan gempa (*controlling earthquake*).

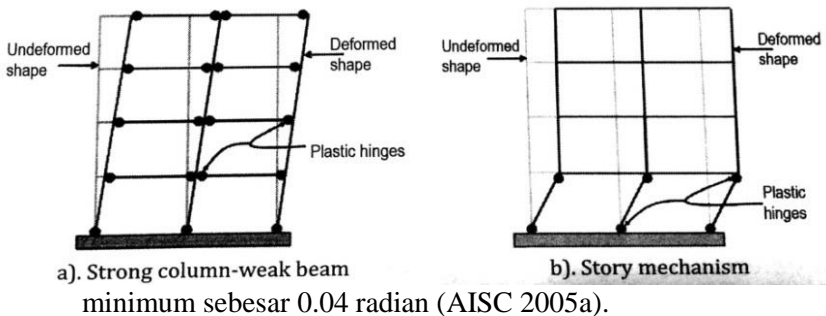


Gambar 2. 10 Langkah-langkah dalam melakukan analisis DSHA (Harnindra, Sunardi, & Santosa, 2017)

2.6 Special Moment Frames (SMF)

Special Moment Frames atau Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sistem struktur yang didesain untuk bekerja secara inelastis penuh. Oleh karena itu pada bagian yang akan mengalami sendi plastis perlu disiapkan secara khusus. Sistem ini cocok untuk diterapkan pada perencanaan struktur gedung tinggi yang masih memungkinkan memakai SRPMK.

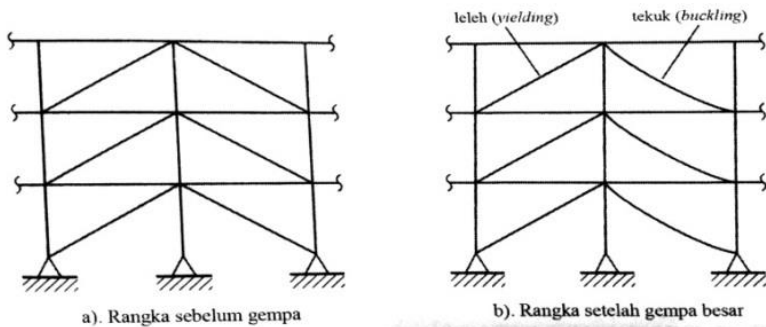
SRPMK harus didesain berperilaku *strong column-weak beam* untuk memastikan tidak terjadi sendi plastis pada kolom, yang dapat menyebabkan *story mechanisms*. Jenis sambungan balok-kolom yang dapat dipakai di rangka SRPMK harus didukung data empiris hasil uji laboratorium, yang membuktikan bahwa jenis sambungan tadi mempunyai kemampuan daktilitas yang cukup, yaitu dapat bertahan sampai perputaran sudut *interstory-drift*



Gambar 2. 11 Perilaku inelastis sistem portal daktail (Dewobroto, 2016)

2.7 Sistem Rangka Batang Silang Eksentris (*Eccentrically Braced-Frame Systems*)

Sistem ini mengandalkan perilaku aksial pada elemen-elemen strukturnya. *Bracing* bekerja sebagai *fuse* melalui aksi leleh tarik atau tekuk tekan batang diagonal ketika terjadi gempa.

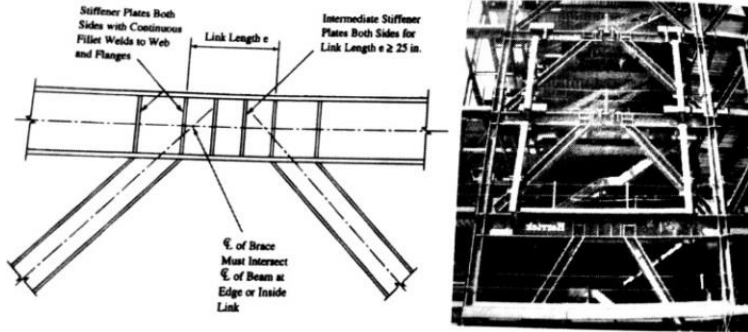


Gambar 2. 12 Mekanisme inelastis sistem *bracing* (Dewobroto, 2016)

Bracing eksentris memiliki sebuah ‘Link’ yang diharapkan bekerja secara inelastik memanfaatkan adanya leleh geser atau leleh lentur atau kombinasi keduanya. Konfigurasi jenis *Split-K-braced* (gambar 2.12) merupakan konfigurasi *bracing* eksentrisitas terbaik karena momen terbesar yang akan menyebabkan kondisi plastis tidak terjadi di dekat kolom. Jadi dapat dipastikan tidak akan terjadi kegagalan kolom akibat kondisi inelastis yang terjadi (Wiryanto, 2016).

Link disini adalah kunci utama pada perencanaan *bracing* eksentris. Link ini diharapkan mampu bekerja secara daktail saat terjadi gempa dan mempertahankan integritas kinerja struktur secara keseluruhan. Oleh karena itu elemen struktur penahan gempa yang lain seperti

bracing diagonal, kolom, dan sambungan dapat di desain pada kondisi leleh dan kondisi *strain hardening* atau peningkatan kapasitas penampang disertai dengan fenomena *necking* atau pengecilan ukuran penampang pada link.



Gambar 2. 13 Detail Split-K-braced EBF (Dewobroto, 2016)

Link dapat di desain dengan konsep kesetimbangan. Sebagai contoh adalah *bracing* tipe *split-k* seperti pada gambar 2.13. Asumsikan momen pada tengah-tengah link adalah nol. Maka gaya geser yang bekerja pada link dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$V = \frac{F.H}{L} \quad \text{Pers. 2- 1}$$

Dimana:

F= Gaya lateral akibat gempa (N)

H= Tinggi antar lantai (m)

L= Bentang balok keseluruhan (m)

Apabila desain link mengabaikan interaksi antara momen dan geser pada link, maka dapat dipastikan momen akibat sendi plastis akan terjadi pada ujung-ujung link seperti pada Gambar 2.13. Dimana nilai M_p dan V_p dapat dicari dengan rumus:

$$M_p = f_y \cdot b \cdot t_f \cdot (d - t_f) \quad \text{Pers. 2- 2}$$

$$V_p = \frac{f_y}{\sqrt{3}} \cdot t_w \cdot (d - t_f) \quad \text{Pers. 2- 3}$$

Dimana:

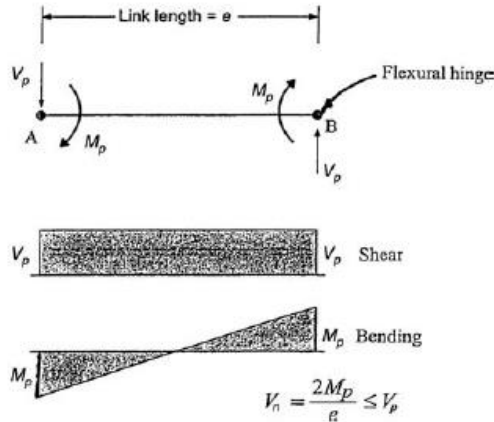
f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

b = Lebar profil baja (mm)

t_f = Tebal sayap profil baja (mm)

d = Tinggi profil baja (mm)

t_w = Tebal badan profil baja (mm)



Gambar 2. 14 Bidang Momen dan Geser akibat sendi plastis pada ujung-ujung link (Taranath, 2005)

Penelitian yang dilakukan oleh Kasai dan Popov pada tahun 1986 menunjukkan bahwa momen pada sendi plastis dapat diasumsikan meningkat menjadi $1,2M_p$ dan geser pada sendi plastis diasumsikan meningkat menjadi $1,5V_p$. Peningkatan tersebut bertujuan untuk menghindari regangan lentur plastis yang dapat menyebabkan tekuk pada sayap dan fraktur pada badan link. Sehingga panjang link, atau e , dapat didesain dengan rumus :

$$e = \frac{2 \cdot (1,2M_p)}{1,5V_p} = 1,6 \frac{M_p}{V_p} \quad \text{Pers. 2- 4}$$

Apabila ditinjau dari mekanisme respon leleh link, maka panjang link dapat dibedakan menjadi tiga:

- a. Link pendek (*Shear*):

$$e \leq 1,6 \frac{M_p}{V_p} \quad \text{Pers. 2- 5}$$

b. Link menengah (gabungan *Shear* dan *Flexural*):

$$1,6 \frac{M_p}{V_p} < e \leq 2,5 \frac{M_p}{V_p} \quad \text{Pers. 2- 6}$$

c. Link panjang (*Flexural*):

$$e > 2,5 \frac{M_p}{V_p} \quad \text{Pers. 2- 7}$$

Panjang link berdasarkan mekanisme respon leleh link mempengaruhi sudut rotasi link yang terjadi. Sudut rotasi link disini didefinisikan sebagai sudut antara elemen link dan elemen diluar link (lihat gambar 2.14). Perumusan sudut rotasi link berbeda-beda bergantung pada konfigurasi *bracing* yang digunakan. Kapasitas rotasi link yang diizinkan bergantung pada panjang link sesuai gambar 2.14. Sudut rotasi link terjadi tidak boleh melebihi angka berikut:

a. Link pendek (*Shear*):

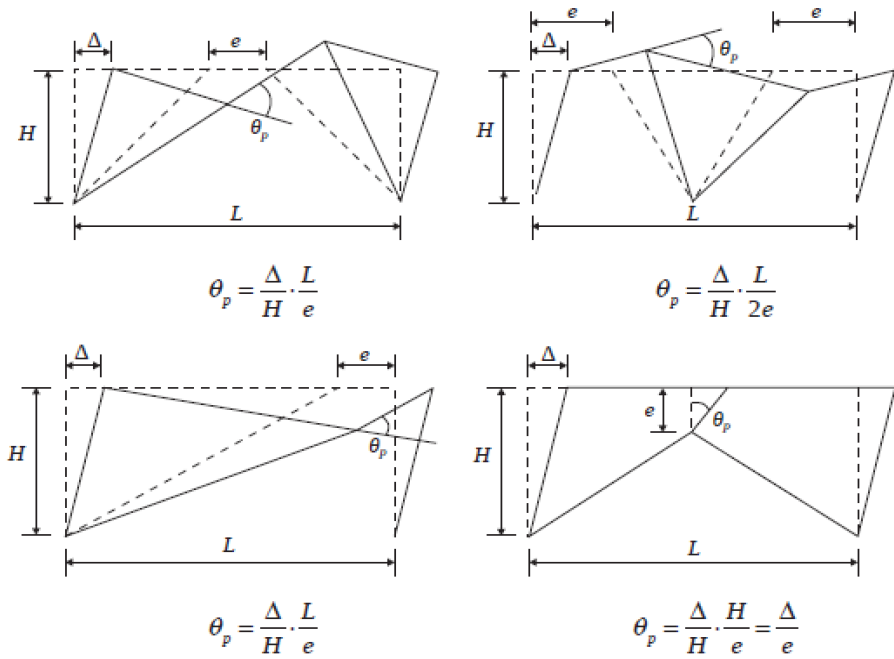
$$\theta_p \leq \theta_{pR} = 0,08 \text{ radians} \quad \text{Pers. 2- 8}$$

b. Link panjang (*Flexural*):

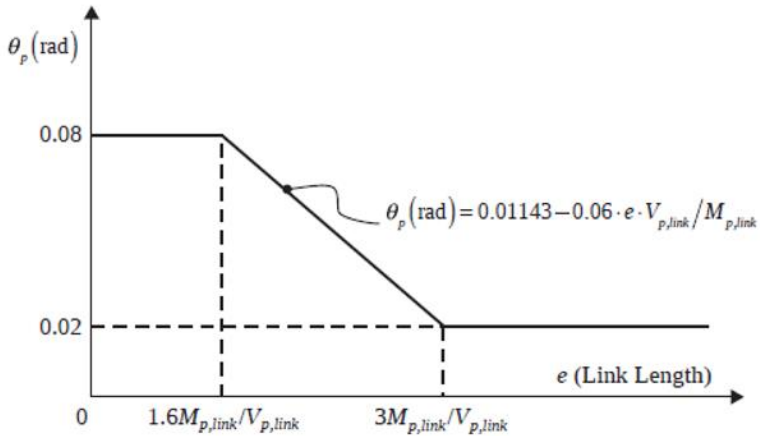
$$\theta_p \leq \theta_{pR} = 0,02 \text{ radians} \quad \text{Pers. 2- 9}$$

c. Link menengah (gabungan *Shear* dan *Flexural*):

$$\theta_p \leq \theta_{pR} = \text{Interpolasi linier (gambar 2.15)}$$



Gambar 2. 15 Sudut rotasi link masing-masing konfigurasi bracing (Landolfo, Mazzolani, Dubina, Silva, & Aniello, 2017)



Gambar 2. 16 Kapasitas rotasi link yang bergantung pada panjang link (Landolfo, Mazzolani, Dubina, Silva, & Aniello, 2017)

2.8 Sistem Ganda (*Dual System*)

Menurut SNI 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, sistem ganda merupakan sebuah struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan *bracing* dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang diterapkan

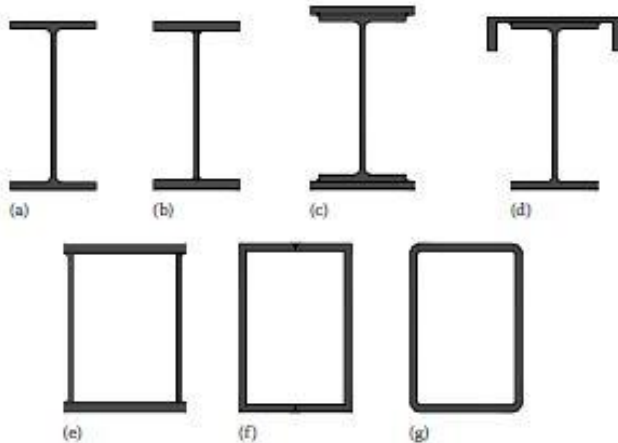
Pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan *bracing* eksentris memiliki nilai Koefisien Modifikasi

Respons (R) = 8, Faktor Kuat Lebih Sistem (ω_0) = 2.5, dan Faktor pembesaran defleksi (Cd) = 4.

2.9 Balok lentur

2.9.1 Pendahuluan

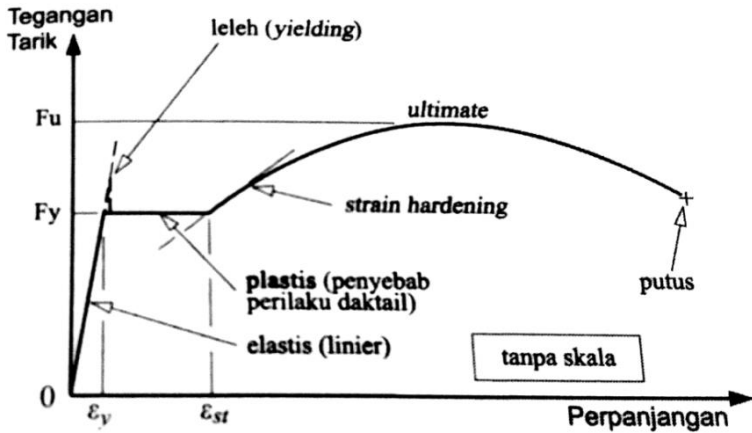
Balok lentur merupakan struktur yang ditempatkan secara horizontal dengan beban tegak lurus penampang. Beban yang dipikul oleh balok ini disalurkan pada kolom. Beban yang disalurkan menghasilkan gaya-gaya dalam pada balok berupa gaya lentur dan gaya geser pada umumnya. Oleh karena itu struktur balok baja harus di desain untuk menahan gaya lentur dan gaya geser serta dievaluasi lendutan yang terjadi akibat gaya lentur tersebut. Balok baja umumnya terbuat dari elemen plat tipis yang diproses secara *hot rolling*, *welding*, atau *cold forming*. Gambar 2.16 di bawah menunjukkan beberapa tipe-tipe penampang baja yang pada umumnya sering digunakan sebagai elemen balok pada struktur.



Gambar 2. 17 Tipe-tipe penampang yang digunakan sebagai balok (Liang, 2015)

2.9.2 Perilaku Keruntuhan Elemen Struktur Balok

Perilaku pada elemen balok relatif sederhana. Saat terjadi momen lentur, terdapat serat tegangan yang tertarik dan serat tegangan yang tertekan. Seperti pada gambar 2.18 dibawah yang menjelaskan tentang kurva hubungan tegangan-regangan. Kuat tarik tergantung pada tegangan leleh yang dimiliki oleh baja (f_y), yaitu ketika terjadi deformasi besar pada kondisi beban tetap. Jika pada kondisi leleh dan beban tetap ditambahkan, material mengalami *strain-hardening*, terjadi peningkatan daya dukung tetapi disertai dengan fenomena *necking* atau penampang mengecil, dan jika dipaksa akhirnya mencapai kuat maksimum atau kuat *ultimate* (f_u) (Wiryanto,2016).



Gambar 2. 18 Perilaku keruntuhan tarik baja duktail (Dewobroto, 2016)

Kondisi batas atau kuat *ultimate* tidak digunakan pada perencanaan balok karena kuat *ultimate* hanya dipakai untuk antisipasi konsentrasi tegangan akibat sambungan pada elemen batang tarik.

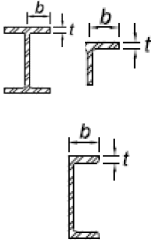
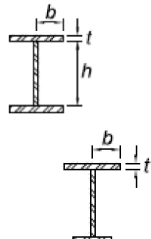
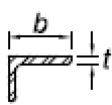
Perilaku elemen balok juga tergantung pada kelangsingan penampang yang digunakan, *properties* material baja, kelangsingan pada *member* penampang, serta pengekangan *lateral* dan *torsional*. Untuk penampang yang langsing, tekuk lokal pada sayap tertekan akan terjadi sebelum baja mencapai tegangan lelehnya. Oleh sebab itu diperlukan evaluasi terhadap kemungkinan adanya tekuk lokal dengan melihat rasio lebar-tebal dan klasifikasi penampang baja yang diatur pada SNI 1729:2015 Tabel B4.1b .

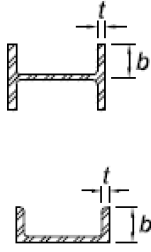
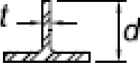
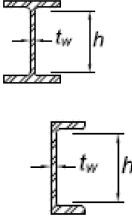
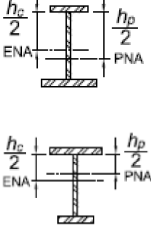
2.9.3 Rasio Lebar-Tebal dan Klasifikasi Penampang

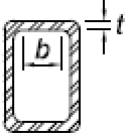
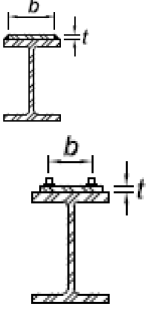
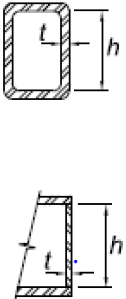
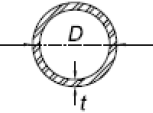
Klasifikasi Penampang merupakan tahapan awal untuk mendesain balok baja. Tahapan ini diterapkan untuk menghindari bahaya tekuk lokal dari elemen-elemen penyusun profil. Sedangkan rasio Lebar-Tebal menunjukkan kelangsingan suatu elemen pelat sayap dan badan yang kemudian dievaluasi berdasarkan kondisi kekangannya (Wiryanto, 2016). Klasifikasi dapat dilihat pada tabel 2.3. Profil balok disebut kompak apabila rasio b/t elemen sayap maupun badan memenuhi klasifikasi kompak ($b/t < \text{Kompak}$, $h/tw < \text{Kompak}$). Sehingga hampir sebagian besar profil WF *hot-rolled* buatan pabrik masuk pada kategori kompak karena profil kompak mampu menerima momen hingga serat terluarnya mampu mencapai tegangan leleh sekaligus mendistribusi tegangan ke serat penampang bagian dalam hingga semuanya dalam keadaan plastis (M_p). Profil non-kompak mempunyai efisien satu tingkat dibawah profil kompak. Profil non-kompak mampu menerima momen hingga serat terluarnya mampu mencapai tegangan leleh. Namun sebelum penampang plastis penuh terbentuk, pada profil terjadi tekuk lokal terlebih dahulu ($M_y < M_p$).

Profil langsing adalah profil dengan konfigurasi yang tidak efisien ditinjau dari segi material, apalagi baja yang digunakan adalah baja mutu tinggi. Saat dibebani sebelum tegangan mencapai kondisi leleh, penampang mengalami tekuk lokal terlebih dahulu. Keruntuhannya ditentukan oleh tekuk dan sifatnya tidak daktail. Sehingga tidak disarankan sebagai elemen struktur utama tahan gempa ($M < M_y$).

Tabel 2. 3 Klasifikasi elemen tekan batang memikul lentur (SNI 1729:2015)

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio tebal-lebar	Batas rasio tebal-lebar		Contoh
				Kompak	Non-Kompak	
Elemen tanpa pengaku	10	Sayap dari profil I canai panas, kanal, dan T	b/t	$0.38 \sqrt{E/f_y}$	$1.0 \sqrt{E/f_y}$	
	11	Sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	b/t	$0.38 \sqrt{E/f_y}$	$0.95 \sqrt{k_c E/f_L}$	
	12	Kaki dari siku tunggal	b/t	$0.54 \sqrt{E/f_y}$	$0.91 \sqrt{E/f_y}$	

	13	Sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	b/t	$0.38 \sqrt{E/f_y}$	$1.0 \sqrt{E/f_y}$	
	14	Badan dari T	d/t	$0.84 \sqrt{E/f_y}$	$1.03 \sqrt{E/f_y}$	
Elemen yang diperkaku	15	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	h/t_w	$3.75 \sqrt{E/f_y}$	$5.70 \sqrt{E/f_y}$	
	16	Badan dari profil I simetris tunggal	h_c/t_w	$\frac{\frac{h_c}{h_p} \sqrt{E/f_y}}{(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.1)}$	$5.70 \sqrt{E/f_y}$	

17	Sayap dari PSB persegi dan boks	b/t	$1.12 \sqrt{E/f_y}$	$1.40 \sqrt{E/f_y}$	
18	Pelat penutup sayap dan pelat penutup diafragma antara deretan sarana penyambungan atau las	b/t	$1.12 \sqrt{E/f_y}$	$1.40 \sqrt{E/f_y}$	
19	Badan dari persegi dan boks	h/t	$2.42 \sqrt{E/f_y}$	$5.70 \sqrt{E/f_y}$	
20	PSB bulat	D/t	$0.07 \frac{E}{f_y}$	$0.31 \frac{E}{f_y}$	

2.9.4 Kuat Lentur Nominal

Kuat lentur nominal harus direncanakan dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

$$M_{ult} \leq \phi_b M_n \quad \text{Pers. 2- 10}$$

Dimana :

M_{ult} = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD (SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain)

ϕ_b = Faktor ketahanan lentur, 0.9

M_n = Kuat lentur nominal balok ditinjau terhadap berbagai kondisi batas

Rumus untuk kuat lentur nominal berbeda-beda tergantung klasifikasi penampang profil : kompak, non-kompak, atau langsing. Sehingga respon kuat lentur dari ketiga klasifikasi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.19 berikut.

Kuat lentur nominal untuk penampang kompak adalah sebagai berikut:

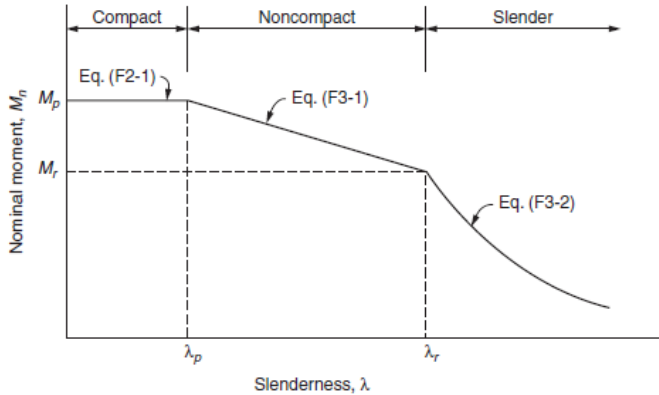
$$M_n = M_p = f_y Z_x \quad \text{Pers. 2- 11}$$

Dimana :

M_p = Momen lentur penampang plastis (N.mm)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

Z_x = Modulus plastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)



Gambar 2. 19 Diagram momen nominal dengan rasio kelangsingan (Williams, 2011).

Kuat lentur nominal untuk penampang non-kompak adalah sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7f_y S_x)(\lambda - \lambda_{pf}) / (\lambda_{rf} - \lambda_{pf}) \text{ Pers. 2- 12}$$

Dimana :

S_x = Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

$$\lambda = 0.5 b_f / t_f$$

$\lambda_{pf} = \lambda_p$ batas kelangsingan sayap kompak (Gambar 2.19)

$\lambda_{rf} = \lambda_r$ batas kelangsingan sayap non-kompak (Gambar 2.19)

M_p = Momen lentur penampang plastis (N.mm)

Kuat lentur nominal untuk penampang langsing adalah sebagai berikut :

$$M_n = 0.9EK_c S_x / \lambda^2 \quad \text{Pers. 2-13}$$

Dimana :

S_x = Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

$$K_c = 4 / \sqrt{h/t_w} \text{ dan } 0.35 \leq K_c \leq 0.76$$

$$\lambda = 0.5 b_f / t_f$$

h = Jarak yang difenisikan pada tabel 2.3 (mm)

2.9.5 Tekuk Torsi Lateral

Tekuk torsi lateral terjadi karena kekakuan lateral penampang baja relatif kecil dibanding perambatan lateral yang tersedia. Sehingga balok mempunyai M_{cr} atau momen kritis akibat dari tekuk torsi lateral tersebut. Selama beban yang diberikan tidak melampaui M_{cr} maka profil tidak akan mengalami tekuk torsi lateral. Perhitungan tekuk torsi lateral ini dipengaruhi oleh jarak pengekangan lateral, L_b . Kapasitas lentur nominal akibat tekuk torsi lateral dapat digambarkan pada gambar 2.20 di bawah ini.

Kondisi pertama apabila $L_b \leq L_p$, maka kapasitas momen penampang dapat dihitung dengan persamaan 2-

11 karena masih dalam kondisi plastis. Adapun nilai L_p dapat dihitung dengan rumus :

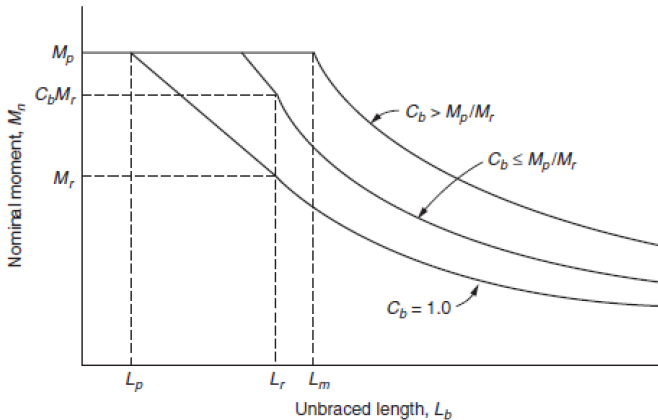
$$L_p = 1.76r_y\sqrt{E/f_y} \quad \text{Pers. 2- 14}$$

Dimana :

r_y = Radius girasi balok terhadap sumbu lemah

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)



Gambar 2. 20 Hubungan Kapasitas lentur dengan Jarak pengekanan lateral, L_p (Williams, 2011)

Kondisi kedua apabila jarak L_b bertambah sehingga kondisinya adalah $L_p < L_b \leq L_r$, maka yang terjadi kapasitas penampang berada pada daerah inelastis LTB (*Lateral Torsion Buckling*). Kondisi inelastis LTB ini menyebabkan kapasitas momen menurun secara linier hingga $M_n = 0.7f_y S_x$ dimana S_x adalah Modulus elastis

penampang terhadap sumbu kuat, namun pada kondisi ini material masih dalam kondisi leleh. Nilai L_r dapat dihitung dengan rumus :

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} \quad \text{Pers. 2- 15}$$

Dimana :

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

$$C_w = \frac{1}{4} I_y h_o^2 \quad (\text{Untuk profil WF})$$

I_y = Momen inersia penampang terhadap sumbu lemah (mm^4)

h_o = Jarak antara titik berat elemen sayap (mm)

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

J = Konstanta torsi (mm^4)

c = 1 (Untuk profil WF simetris ganda)

S_x = Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)

Kuat lentur penampang apabila dalam kondisi inelastis LTB atau $L_p < L_b \leq L_r$ adalah sebagai berikut :

$$M_n = C_b \left(M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \cdot \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \leq M_p \quad \text{Pers. 2- 16}$$

Dimana :

$$C_b = \frac{12.5 |M_{max}|}{2.5 |M_{max}| + 3 |M_A| + 4 |M_B| + 3 |M_C|}$$

M_{max} = Nilai momen maksimum balok sepanjang L (N.mm)

M_A = Nilai momen pada titik $1/4 L_b$ (N.mm)

M_B = Nilai momen pada titik $1/2 L_b$ (N.mm)

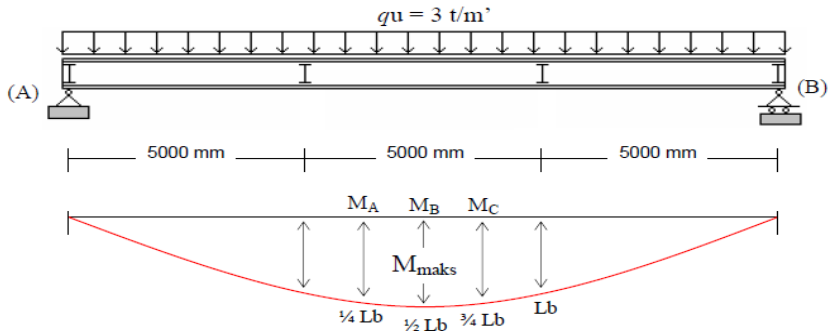
M_C = Nilai momen pada titik $3/4 L_b$ (N.mm)

M_p = Momen lentur penampang plastis (N.mm)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

S_x = Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)

C_b merupakan faktor pengali momen untuk tekuk lateral yang besarnya tergantung pada letak pengaku lateral dan beban yang dipikul. Ilustrasi C_b dapat dilihat pada gambar 2.21 dibawah ini :



Gambar 2. 21 Balok tertumpu sederhana dengan pengaku lateral tiap 5m (Nasution, 2011)

Nilai C_b pada tiap segmennya memiliki nilai yang berbeda-beda karena nilai momennya juga berbeda-beda. AISC telah memberikan tabel harga-harga C_b dengan beragam beban dan pengaku lateral yang diterapkan (lihat gambar 2.22).

Kondisi ketiga apabila $L_b > L_r$ maka penampang dalam keadaan elastis dimana penampang akan mengalami tekuk terlebih dahulu sebelum mencapai kondisi leleh (Wiryanto, 2016). Kapasitas momen balok pada kondisi ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad \text{Pers. 2- 17}$$

Dimana:

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

$$C_b = \frac{12.5 |M_{max}|}{2.5 |M_{max}| + 3 |M_A| + 4 |M_B| + 3 |M_C|}$$

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

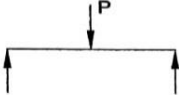
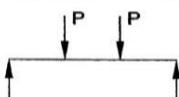
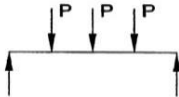
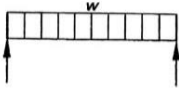
$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x}$$

J = Konstanta torsi (mm^4)

$c = 1$ (Untuk profil WF simetris ganda)

S_x = Modulus elastis penampang terhadap sumbu kuat (mm^3)

h_o = Jarak antara titik berat elemen sayap (mm)

Table 3-1 Values for C_b for Simply Supported Beams		
Load	Lateral Bracing Along Span	C_b
	None Load at midpoint	1.32
	At load point	1.67
	None Loads at third points	1.14
	At load points Loads symmetrically placed	1.67
	None Loads at quarter points	1.14
	At load points Loads at quarter points	1.67
	None	1.14
	At midpoint	1.30
	At third points	1.45
	At quarter points	1.52
	At fifth points	1.56

Note: Lateral bracing must always be provided at points of support per AISC Specification Chapter F.

Gambar 2. 22 Harga C_b yang diberikan oleh AISC dengan berbagai macam pembebanan (American Institute of Steel Construction, 2005)

2.10 Kolom

2.10.1 Pendahuluan

Kolom merupakan elemen yang menopang balok-balok struktur. Fungsi dari kolom adalah menyalurkan gaya-gaya pada balok ke pondasi. Kegagalan pada kolom menyebabkan keruntuhan menyeluruh pada seluruh bangunan diatas kolom yang runtuh. Oleh karena, itu kegagalan kolom harus dihindari dalam perencanaan suatu struktur bangunan, khususnya dalam merencanakan struktur tahan gempa.

Perhitungan kolom atau elemen tekan dibagi menjadi dua : Kolom tekan konsentris dan kolom tekan eksentris. Tekan konsentris adalah gaya aksial yang bekerja sentris tepat pada titik berat penampang, sedangkan yang dimaksud tekan eksentris adalah gaya aksial yang tidak bekerja tepat pada titik berat penampang. Pada umumnya suatu kolom pada struktur dikategorikan kolom tekan eksentris karena kolom juga menerima gaya momen akibat balok yang ditopang. Sehingga perlu pengecekan akibat momen pada balok.

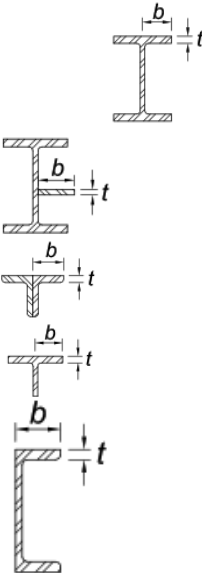
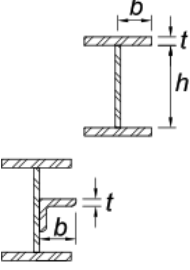
Dalam perhitungan kapasitas tekan kolom, parameter yang menentukan kapasitas tekan kolom adalah parameter material (f_y), konfigurasi bentuk fisik (kekakuan penampang), dan geometri penampang (klasifikasi penampang). Parameter geometri penampang menjadi parameter yang terpenting karena geometri penampang menentukan rasio kelangsingan penampang tersebut. Rasio kelangsingan berhubungan dengan perilaku tekuk yang akan terjadi pada kolom : tekuk lokal atau tekuk global. Sehingga kapasitas tekan kolom tidak ditentukan oleh mutu bajanya, melainkan ditentukan oleh beban kritis yang menyebabkan tekuk (Wiryanto, 2016).

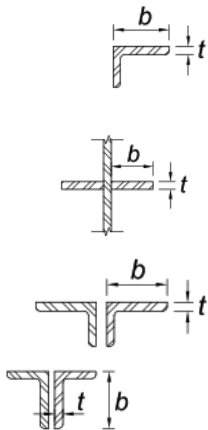
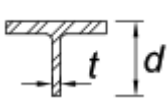
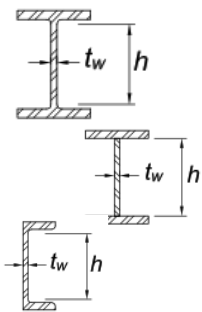
2.10.2 Klasifikasi Penampang dan Tekuk Lokal

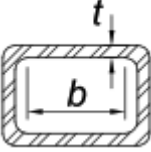
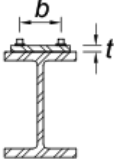
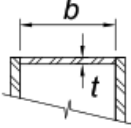
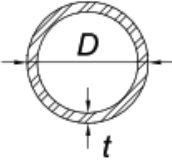
Perilaku keruntuhan kolom yang disebabkan oleh tekuk lokal lebih dominan daripada keruntuhan akibat tekuk global. Apabila tekuk lokal yang terjadi, maka pemakaian penampang tidak efisien lagi dan kolom dalam kondisi elastis (belum leleh). Maka dari itu dalam SNI 1729:2015 mengatur mengenai klasifikasi dalam tabel B4.1a dengan tujuan meminimalisir resiko terjadinya tekuk lokal pada penampang. Tabel tersebut dapat dilihat pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 tersebut digunakan untuk mengevaluasi rasio lebar-tebal terhadap kelangsingan penampang yang sudah di berikan batasan rasio lebar-tebal. Apabila rasio lebar-tebal tersebut melebihi batasan yang diberikan, penampang dikatakan langsing dan beresiko terjadi tekuk lokal. Apabila rasio lebar-tebal tidak melebihi batasan yang diberikan maka penampang tidak dikategorikan langsing. Masing-masing elemen penampang, baik sayap maupun badan harus di evaluasi rasionya terhadap batasan yang diberikan.

Tabel 2. 4 Klasifikasi elemen penampang menahan tekan aksial (SNI 1729:2015)

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	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.	$\frac{b}{t}$	$0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun.	$\frac{b}{t}$	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{f_y}}$	

	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen takdiperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$0.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	4	Stem dari T.	$\frac{b}{t}$	$0.75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
Elemen diperkaku	1	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

6	Dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
8	Semua elemen diperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
9	PSB bulat.	$\frac{D}{t}$	$0.11 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

2.10.3 Kuat Tekan Nominal

Dalam perhitungan kuat tekan nominal kolom, maka yang perlu diperhatikan adalah tiga perilaku tekuk pada kolom yang terjadi : tekuk torsi, tekuk lentur, dan tekuk lentur-torsi. Tekuk lokal akan terjadi apabila klasifikasi

penampang yang disyaratkan SNI 1729:2015 tidak memenuhi batasan rasio lebar-tebal atau langsing. Apabila penampang tidak langsing, maka tidak terjadi tekuk lokal.

Kondisi pertama adalah saat kolom terjadi tekuk lentur, dimana tekuk ini termasuk tekuk global pada elemen kolom dengan klasifikasi penampang tidak langsing. Kuat tekan nominal apabila terjadi tekuk lentur dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_n = F_{cr}A_g \quad \text{Pers. 2- 18}$$

Dimana A_g adalah luas penampang utuh dan F_{cr} adalah tegangan kritis akibat beban kritis yang menyebabkan kolom tertekuk lentur. Adapun F_{cr} dibagi dalam dua kondisi: kondisi tekuk inelastis dan kondisi tekuk elastis. Tekuk inelastis merupakan perilaku tekuk pada kolom pendek dan tekuk elastis adalah perilaku tekuk pada kolom panjang. Nilai F_{cr} dapat dihitung berdasarkan syarat sebagai berikut :

- a) $\frac{KL}{r} \leq 4.71\sqrt{E/f_y}$ atau $\frac{f_y}{f_e} \leq 2.25$ (tekuk inelastis), maka menghitung F_{cr} digunakan rumus :

$$F_{cr} = (0.658\frac{f_y}{f_e})f_y \quad \text{Pers. 2- 19}$$

- b) $\frac{KL}{r} > 4.71\sqrt{E/f_y}$ atau $\frac{f_y}{f_e} > 2.25$ (tekuk elastis), maka maka menghitung F_{cr} digunakan rumus :

$$F_{cr} = 0.877f_e \quad \text{Pers. 2- 20}$$

Dimana :

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

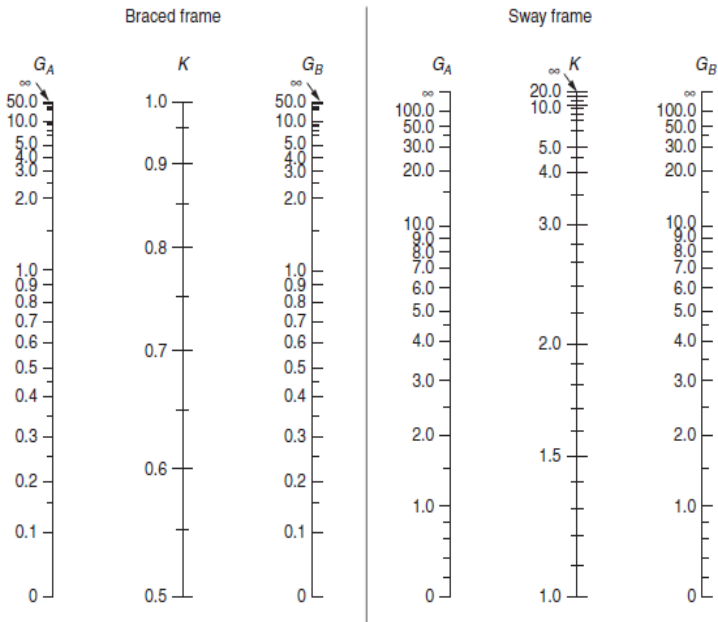
E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

K = Faktor konversi panjang efektif kolom, dicari dengan *Alignment chart* pada gambar 2.23

L = Panjang *as to as* kolom (mm)

r = radius girasi penampang ($\sqrt{\frac{I}{A}}$), tergantung sumbu penampang yang ditinjau (mm)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)



Gambar 2. 23 *Alignment Chart* faktor konversi panjang efektif (Williams, 2011)

Kondisi kedua adalah saat kolom terjadi tekuk torsi atau terjadi tekuk torsi-lentur sekaligus. Kondisi ini bisa terjadi karena pusat geser dan pusat berat penampang tidak saling berhimpitan. Kapasitas tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2-19 hingga persamaan 2-20, namun nilai f_e dihitung dengan persamaan berikut :

$$f_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x + I_y} \quad \text{Pers. 2- 21}$$

Dimana:

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa)

C_w = Konstanta *warping* (mm^4)

$K_z L$ = Panjang tekuk efektif terhadap torsi (mm)

G = Modulus geser (77200 Mpa)

J = Konstanta torsi (mm^4)

I_x, I_y = Momen inersia terhadap sumbu utama (mm^4)

2.11 Sambungan

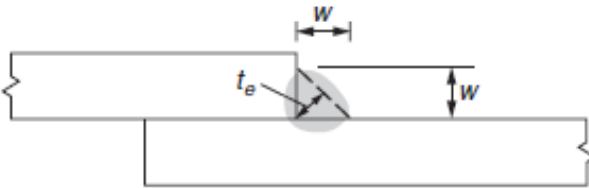
2.11.1 Pendahuluan

Sambungan merupakan elemen penyambung struktur utama. Sambungan yang sering dipakai hingga saat ini adalah sambungan las dan sambungan baut. Alat sambung untuk pabrikasi adalah las yang murah dan memiliki kekuatan tinggi namun sifatnya *rigid*. Namun sambungan las harus dilakukan dalam pengawasan ketat untuk menjaga mutunya tetap aman. Alat sambung *erection* di lapangan adalah baut yang mudah dalam pelaksanaannya tanpa inspeksi rumit dan baut memiliki

sifat semi rigid karena mampu berotasi pada kondisi beban tertentu.

2.11.2 Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan yang bisa dikatakan sambungan relatif sempurna karena dengan pengerjaan yang benar, sambungan ini dapat menjadi satu kesatuan dengan elemen yang disambung. Umumnya pada konstruksi baja digunakan sambungan las tipe sudut untuk menyambungkan satu elemen dengan elemen yang lain. Sambungan tipe sudut dapat dilihat pada gambar 2.24 dibawah ini:



Gambar 2. 24 Bentuk las sudut (Williams, 2011)

Kuat nominal untuk sambungan las dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad \text{Pers. 2- 22}$$

Dimana:

$$F_{nw} = 0.6 F_{EXX}$$

F_{EXX} = Kuat tarik kawat las (Mpa)

$$A_{we} = t_e \cdot L \text{ (mm}^2\text{)}$$

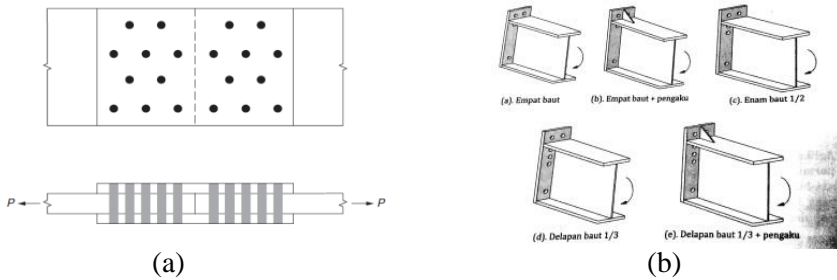
L = Panjang profil baja (mm)

2.11.3 Sambungan Baut

Bentuk sambungan dan tipe pembebanan sangat mempengaruhi sambungan tipe apa yang akan digunakan. Apabila baut dibebani arah transversal maka akan menerima geser dan disebut sambungan tipe geser. Apabila sambungan menerima momen positif pada daerah balok-kolom atau sambungan pada struktur portal, maka sambungan menerima gaya tarik disebut dengan sambungan tipe tarik atau sambungan *Moment End-Plate*. Bentuk dari kedua sambungan ini dapat dilihat pada gambar 2.25. Masing-masing tipe sambungan memiliki perilaku yang berbeda.

a) Persyaratan Spasi Baut

Penempatan baut perlu dibuat teratur dan simetri. Hal ini bertujuan untuk kemudahan dalam pengerjaan dilapangan. Jarak baut satu dengan yang lainnya mengikuti peraturan SNI 1729:2015 pada bab J3. SNI mensyaratkan bahwa spasi (s) yang direkomendasikan untuk semua tipe baut adalah $s \cong 3d$, dimana d = diameter baut nominal.



Gambar 2. 25 Tipe-tipe sambungan baut : a) Sambungan baut tipe geser dan b) Sambungan baut tipe tarik (Dewobroto, 2016)

b) Sambungan Baut Tipe Geser

Sambungan tipe geser memiliki dua tipe keruntuhan : slip kritis dan tumpu. Apabila saat dibebani baut tidak mengalami slip (tetap ditempat) maka saat itu mekanisme slip kritis sedang bekerja, sedangkan apabila baut mengalami slip maka mekanisme tumpu telah bekerja (Wiryanto, 2016). Sambungan slip kritis adalah sambungan yang direncanakan terhadap beban bolak-balik, contohnya adalah gaya tarik menjadi gaya desak pada suatu elemen (umumnya ada pada jembatan). Sedangkan mekanisme tumpu akan terjadi apabila mekanisme slip kritis gagal. Istilah gagal bukan keruntuhan suatu sambungan, namun tahanan friksi pada slip kritis tidak lagi bekerja. Pada mekanisme tumpu, terdapat tiga faktor yang harus di evaluasi : Kuat tumpu baut, Kuat geser baut, dan Kuat geser blok.

Mekanisme slip kritis dipilih untuk konstruksi yang di dominasi beban dinamis atau beban bolak-balik. Tahanan slip kritis nominal dapat dihitung dengan rumus :

$$R_n = \mu D_u h_f T_b n_s \quad \text{Pers. 2- 23}$$

Dimana:

μ = Koefisien slip rata-rata, tergantung kondisi permukaan. Untuk mutu kelas A adalah $\mu = 0.3$, untuk mutu kelas B adalah $\mu = 0.5$ (lebih ketat)

$D_u = 1.13$, adalah faktor pengali yang mempresentasikan gaya prategang baut rata-rata terpasang dengan gaya tarik baut prategang minimum.

h_f = Faktor terkait adanya pelat pengisi (*filler*). Jika tidak ada *filler* atau hanya 1 *filler* maka $h_f = 1.0$ sedangkan apabila ada 2 *filler* diantara pelat sambung maka $h_f = 0.85$

T_b = Gaya tarik baut prategang minimum, lihat pada gambar 2.29

n_s = Jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak

Tabel J3.1M – Pratarik Baut Minimum, kN*

Ukuran Baut, mm	Baut A325M	Baut A490M
M16	91	114
M20	142	179
M22	176	221
M24	205	257
M27	267	334
M30	326	408
M36	475	595

* Sama dengan 0,70 dikalikan kekuatan tarik minimum baut, dibulatkan mendekati kN, seperti disyaratkan dalam spesifikasi untuk baut ASTM A325M dan A490M dengan ulir UNC.

Gambar 2. 26 Tabel J3.1M pada SNI 1729:2015 gaya tarik baut prategang minimum (SNI 1729:2015)

Kuat tumpu baut memperhitungkan deformasi yang terjadi. Jika besar deformasi yang terjadi mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus :

$$R_n = 1.2l_c t f_u \leq 2.4 d t f_u \quad \text{Pers. 2- 24}$$

Apabila besar deformasi yang terjadi tidak mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus :

$$R_n = 1.5l_c t f_u \leq 3 d t f_u \quad \text{Pers. 2- 25}$$

Dimana:

l_c = Jarak bersih (mm) searah gaya, dihitung dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam).

t = Tebal pelat tumpu (mm)

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (Mpa)

d = Diameter baut (mm)

Selanjutnya kuat geser baut merupakan fenomena tumpu dan geser pada baut tetapi karena ukuran baut sudah tertentu atau fabrikasi, maka kerusakan yang terjadi terlebih dahulu adalah geser baut. Apabila terjadi kerusakan geser satu baut saja, maka seluruh sambungan akan rusak. Perilaku kerusakan ini sifatnya tiba-tiba, mendadak, dan non-daktail. Untuk itu harus di evaluasi bahwa kuat geser baut lebih besar dari mekanisme yang lain.

Rumus kuat geser baut per satu bidang geser dapat dihitung dengan rumus :

$$R_n = F_{nv} A_b \quad \text{Pers. 2- 26}$$

Dimana:

F_{nv} = Tegangan geser nominal baut sesuai Gambar 2. 27
(Mpa)

A_b = Luas penampang baut (mm^2)

Mekanisme keruntuhan yang terakhir pada baut adalah geser blok. Geser blok terjadi karena kumpulan-kumpulan baut yang menyumbangkan kekuatan menyebabkan terjadi keruntuhan blok dalam satu kesatuan. Pada potongan blok terlihat ada bagian potongan yang tertarik (tegangan tarik) dan ada bagian potongan yang tergeser (tegangan geser).

Rumus kuat geser blok dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_n = 0.6f_u A_{nv} + U_{bs}f_u A_{nt} \leq 0.6f_y A_{gv} + U_{bs}f_u A_{nt} \quad \text{Pers. 2-27}$$

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]
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)
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak dikecualikan dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,450 F_u$
Bagian berulir yang memenuhi persyaratan Pasal A3.4, bila ulir tidak termasuk dari bidang geser	$0,75 F_u$	$0,563 F_u$
<p>^[a] Untuk baut kekuatan tinggi yang menahan beban fatik tarik, lihat Lampiran 3</p> <p>^[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.</p> <p>^[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.</p> <p>^[d] Ulir diizinkan pada bidang geser.</p>		

Gambar 2. 27 Tegangan geser nominal dan kuat tarik nominal (SNI 1729:2015)

Dimana :

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (Mpa)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

A_{nv} = Luas netto penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)

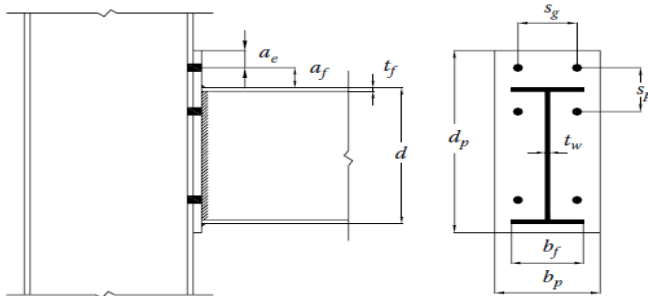
A_{gv} = Luas utuh penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)

A_{nt} = Luas netto penampang yang mengalami gaya tarik (mm^2)

U_{bs} = Untuk tegangan tarik merata, nilai $U_{bs} = 1$. Untuk tegangan tarik tidak merata, nilai $U_{bs} = 0.5$

c) Sambungan Baut Tipe Tarik dan Sambungan Terpraktualifikasi pada Daerah Seismik

Sambungan tipe tarik merupakan sambungan yang fungsinya menahan gaya tarik akibat momen negatif pada balok daerah tumpuan. Terdapat tambahan pelat pada ujung penampang yang biasa disebut *end-plate*. Adanya pelat ujung pada ujung balok membuat gaya tekan yang bekerja pada baut diambil alih oleh pelat tersebut. Sehingga pada sambungan *end-plate*, yang bekerja hanya bagian tarik saja dan penempatan baut tidak merata. Hal ini bisa dilihat pada pertemuan balok-kolom pada struktur portal akibat beban gravitasi yang menyebabkan serat atas tertarik dan serat bawah tertekan. Sehingga sisi atas bautnya lebih banyak daripada sisi bawah. Namun karena sambungan juga menahan beban gempa, yang artinya beban gempa adalah beban bolak-balik, maka pada pelaksanaan jumlah baut disama-ratakan.



Gambar 2. 28 Sambungan tipe tarik atau end-plate (Liang, 2015)

Sambungan tipe tarik umumnya disebut dengan sambungan momen *end-plate*. Sambungan momen *end-plate* memiliki dua tipe yang biasa digunakan : Tipe MBMA dan Tipe Lokal. Tipe MBMA dibagi lagi menjadi dua tipe, *flush end-plate* dan *extended-end plate*. Sedangkan tipe lokal, *end-plate* yang dipasang dibuat lebih tinggi dari profil yang disambungnya. Umumnya pelat ujung sambungan *end-plate* tipe lokal lebih tipis daripada pelat ujung pada sambungan *end-plate* tipe MBMA. Ilustrasi kedua sambungan dapat dilihat pada gambar 2.29 dan gambar 2.30

Dalam desain sambungan tahan gempa yang di syaratkan oleh SNI 7972:2013 tentang sambungan terprakualifikasi pada daerah seismik, sambungan tipe MBMA dipilih sebagai sambungan tahan gempa karena pelat ujung lebih tebal daripada sambungan *end-plate* tipe lokal. Tujuan plat dipertebal adalah untuk mengurangi

efek “*prying*” akibat gaya prategang pada baut yang dikencangkan oleh kunci torsi.

Kapasitas momen sambungan *end-plate* dirumuskan berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Murray-Shoemaker pada tahun 2002 dan penelitian tersebut digunakan sebagai acuan dalam pembuatan sambungan prakualifikasi struktur baja tahan gempa. Kapasitas momen sambungan dihitung berdasarkan terjadinya leleh pada pelat ujung, secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

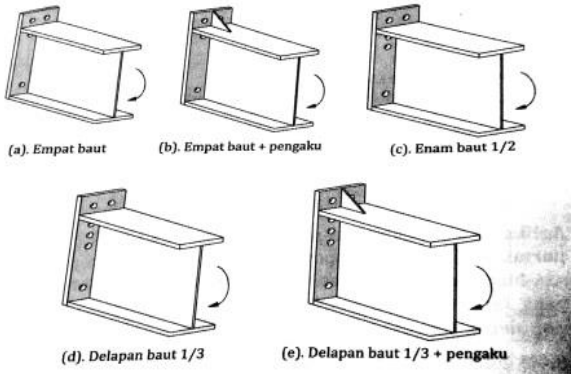
$$M_n = f_{py} t_p^2 Y_p \quad \text{Pers. 2- 28}$$

Dimana:

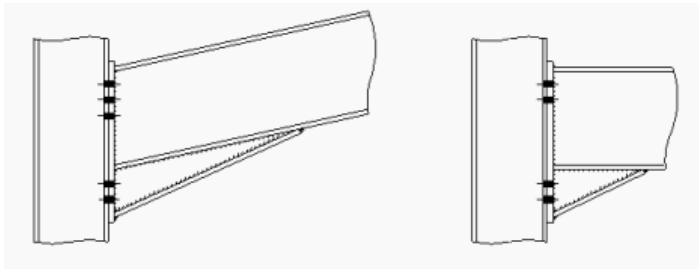
f_{py} = Tegangan leleh dari material pelat ujung (Mpa)

t_p = Tebal pelat ujung (mm)

Y_p = Parameter kuat batas pelat berdasarkan konfigurasi dan geometri sambungan baut yang berbeda-beda nilainya.



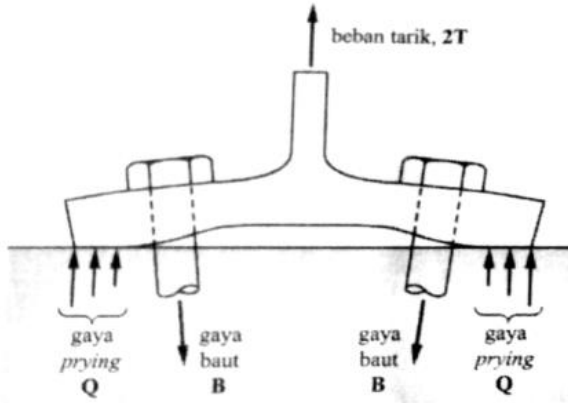
Gambar 2. 29 Sambungan momen *end-plate* tipe MBMA (Dewobroto, 2016)



Gambar 2. 30 Sambungan momen *end-plate* tipe lokal dengan plat ujung lebih tinggi daripada profil yang disambunginya (Steelconstruction.info)

Tebal pelat ujung dalam perencanaan sambungan *moment end-plate* harus diperhitungkan untuk menghindari efek *prying*. Efek *prying* sendiri adalah efek yang menyebabkan terangkatnya suatu plat akibat gaya reaksi pada baut lebih besar daripada gaya tarik yang

bekerja pada baut. Ilustrasi efek *prying* dapat dilihat pada gambar 2.31 berikut.



Gambar 2. 31 Mekanisme efek *prying* yang dimodelkan dengan penampang profil Tee (Dewobroto, 2016)

Efek *prying* berpotensi merusak sambungan *moment end-plate*, maka dari itu pada SNI 1729:2015 pasal J3.6 diatur kekuatan tarik yang diperlukan untuk menahan aksi unguik akibat dari gaya momen negatif yang terjadi. Efek *prying* dapat dihindarkan apabila tebal pelat ujung memenuhi persyaratan “pelat tebal” sebagai berikut :

$$t_p \geq \sqrt{1.11 \frac{M_{ult}}{\phi_b f_{py} Y_p}} \quad \text{Pers. 2- 29}$$

Dimana :

M_{ult} = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD (SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain)

f_{py} = Tegangan leleh dari material pelat ujung (Mpa)

Y_p = Parameter kuat batas pelat berdasarkan konfigurasi dan geometri sambungan baut yang berbeda-beda nilainya.

$$\emptyset_b = 0.9$$

Karena momen yang bekerja pada sambungan dibatasi oleh pelat ujung yang direncanakan tebal, maka kuat tarik baut sendiri dapat dihitung dengan persamaan 2-26 namun F_{nv} pada persamaan tersebut diganti dengan F_{nt} . F_{nt} adalah tegangan tarik nominal baut yang dapat dilihat pada SNI 1729:2015 pada tabel J3.2 (Lihat gambar 2.27) Kuat sambungan dalam menahan momen negatif secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$M_{np} = 2 R_n \sum_{i=1}^{i=n} d_i \quad \text{Pers. 2- 30}$$

Dimana:

R_n = Kuat tarik satu baut, dihitung dengan persamaan 2.19 (N)

d_i = Lengan gaya tarik, R_n , terhadap pusat berat pelat sayap profil yang terdesak (mm)

Sedangkan perencanaan diameter baut tarik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$d_b \geq \sqrt{\frac{2M_{ult}}{\pi \emptyset F_{nt} \sum_{i=1}^{i=n} d_i}} \quad \text{Pers. 2- 31}$$

Dimana :

M_{ult} = Kuat lentur perlu atau momen maksimum hasil kombinasi beban sesuai ketentuan LRFD (SNI

1727:2013 Beban Minimum untuk perancangan
bangunan gedung dan struktur lain)

F_{nt} = Tegangan tarik nominal baut sesuai gambar 2.26 (Mpa)

d_i = Lengan gaya tarik, R_n , terhadap pusat berat pelat
sayap profil yang terdesak (mm)

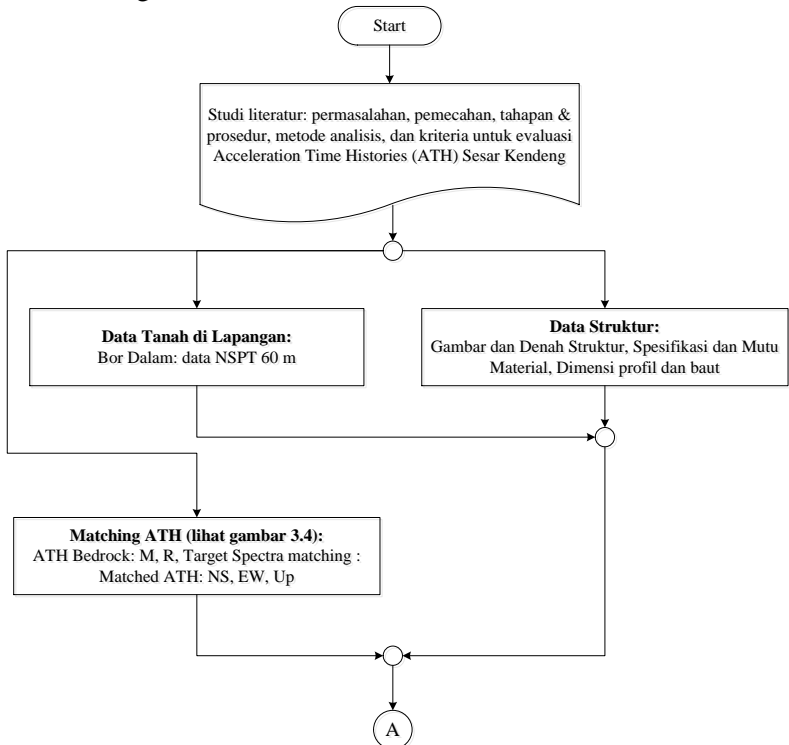
ϕ = 0.75 (keruntuhan fraktur baut)

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

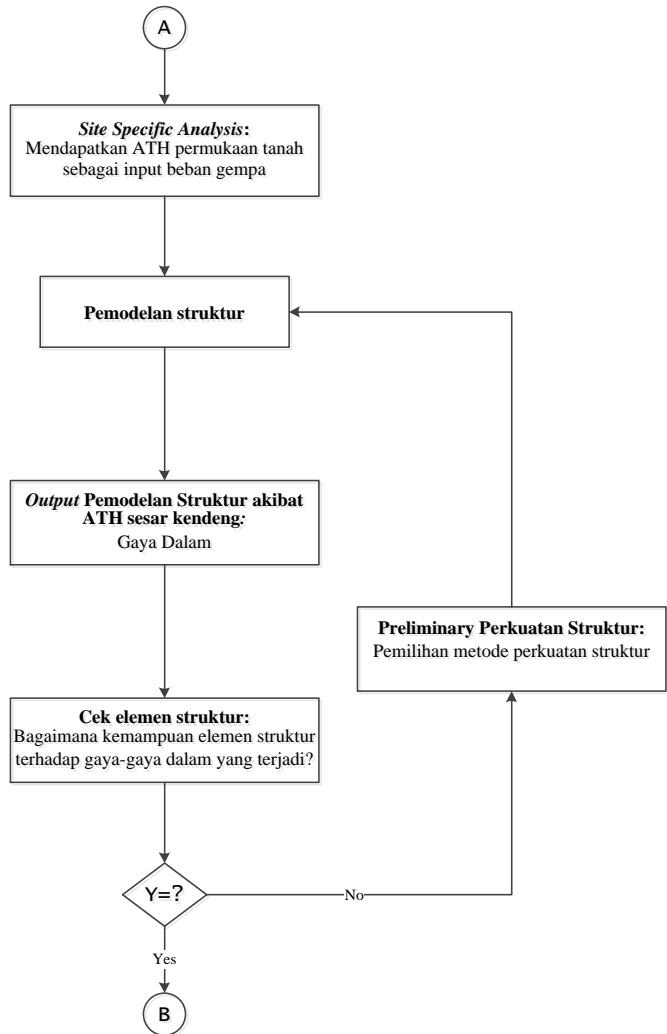
BAB III

Metode Penelitian

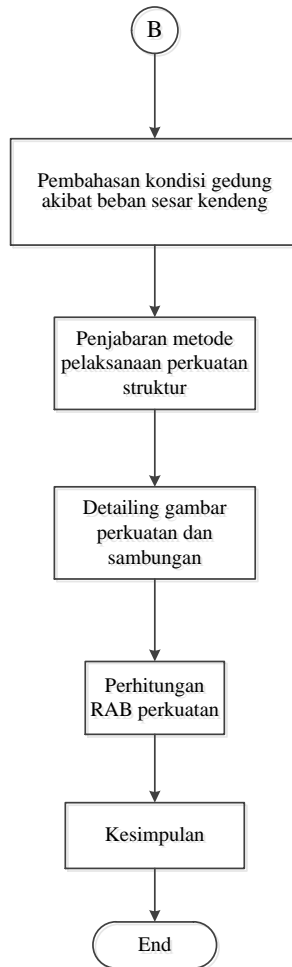
Berikut merupakan langkah-langkah dalam Studi Struktur Baja Gedung Fakultas Teknik Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng :



Gambar 3. 1. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan



Gambar 3. 2. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan (lanjutan)



Gambar 3. 3. Flowchart metodologi pengerjaan tugas akhir terapan (lanjutan)

3.1 Studi Literatur

Melakukan studi literatur berupa : buku pustaka, diktat pelajaran, penelitian terdahulu, jurnal konstruksi baja,

serta peraturan-peraturan baja yang terkait dengan topik tugas akhir yang dikerjakan antara lain:

1. SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
2. SNI 7972:2013 tentang Sambungan Terpraktualifikasi untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja pada Aplikasi Daerah Seismik
3. SNI 7860:2015 tentang Ketentuan Seismik untuk Struktur Bangunan Gedung Baja
4. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
5. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983
6. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung
7. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017.

3.2 Pengumpulan Data

Data eksisting bangunan adalah sebagai berikut:

1. Nama Gedung : Gedung Perkuliahan Untag
2. Lokasi: Jl. Semolowaru No. 45 Surabaya
3. Fungsi: Gedung Perkuliahan
4. Jumlah Lantai: 10 lantai
5. Tinggi Gedung: 38.7 m
6. Struktur Utama: Baja Canai Panas
7. Jenis Tanah: Tanah Lunak
8. Sistem Struktur: Bresing Eksentris dan Rangka Pemikul Momen
9. Data Material
 - a) Baja Profil : ASTM A-36 ($f_y = 250\text{Mpa}$, $f_u = 400\text{Mpa}$)
 - b) Baut Struktur: A-325 dan A-307
 - c) Mutu Las: E-70xx
10. Gambar Struktural terlampir
11. Data NSPT terlampir

Sedangkan data untuk perhitungan analisis gempa sesar kendeng adalah sebagai berikut :

1. Magnitudo sesar Kendeng berdasarkan buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 adalah $6.5M_w$
2. Mekanisme *slip* sesar kendeng berdasarkan buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 adalah *reverse fault*.
3. Jarak sumber gempa ke lokasi yang ditinjau dengan menggunakan program “Hitung Jarak”.

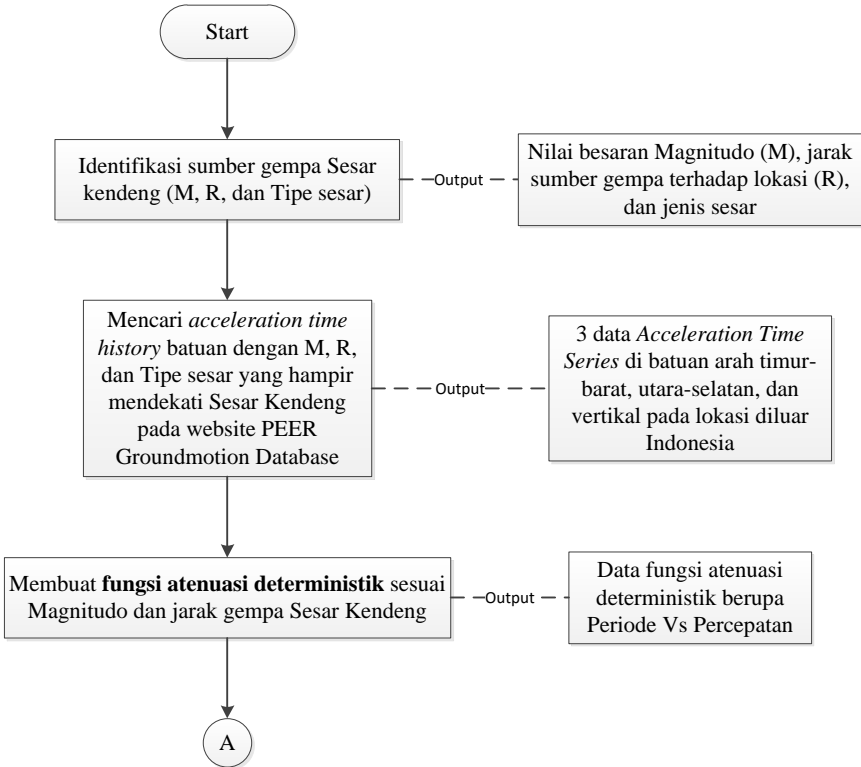
3.3 Identifikasi Beban Statis Sesuai SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain

Untuk memperoleh gaya-gaya dalam akibat beban statis, diperlukan perencanaan pembebanan sebagai berikut:

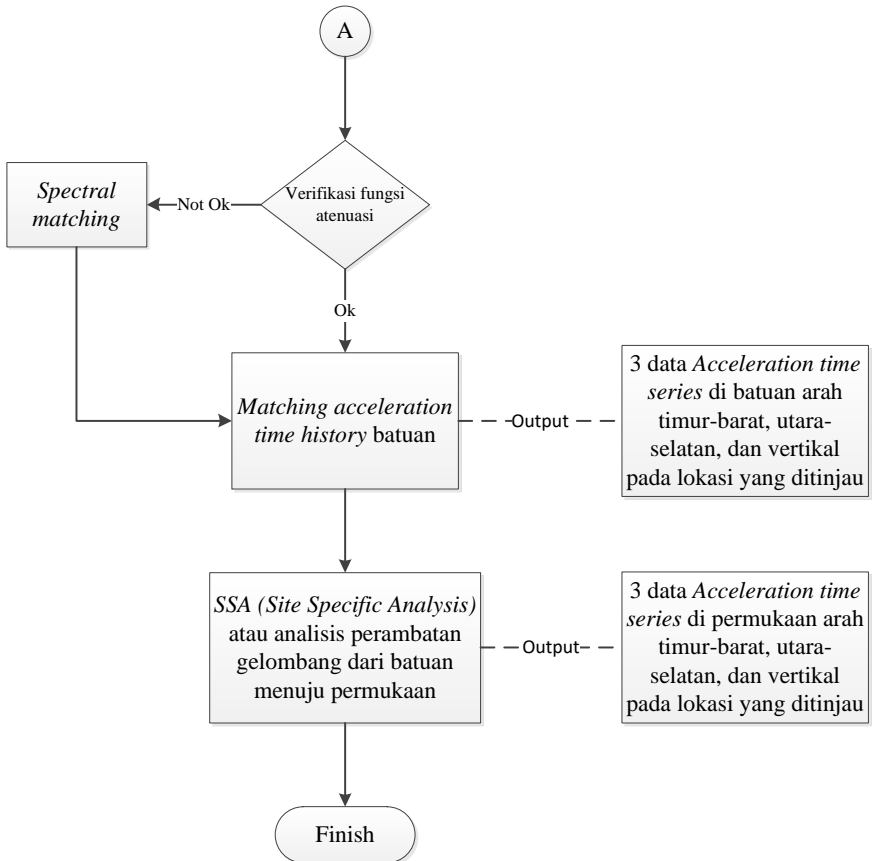
- a. Beban hidup
- b. Beban mati tambahan

3.4 Matching Acceleration Time History

Langkah-langkah untuk mendapatkan beban riwayat waktu percepatan gempa sesar Kendeng adalah sebagai berikut:

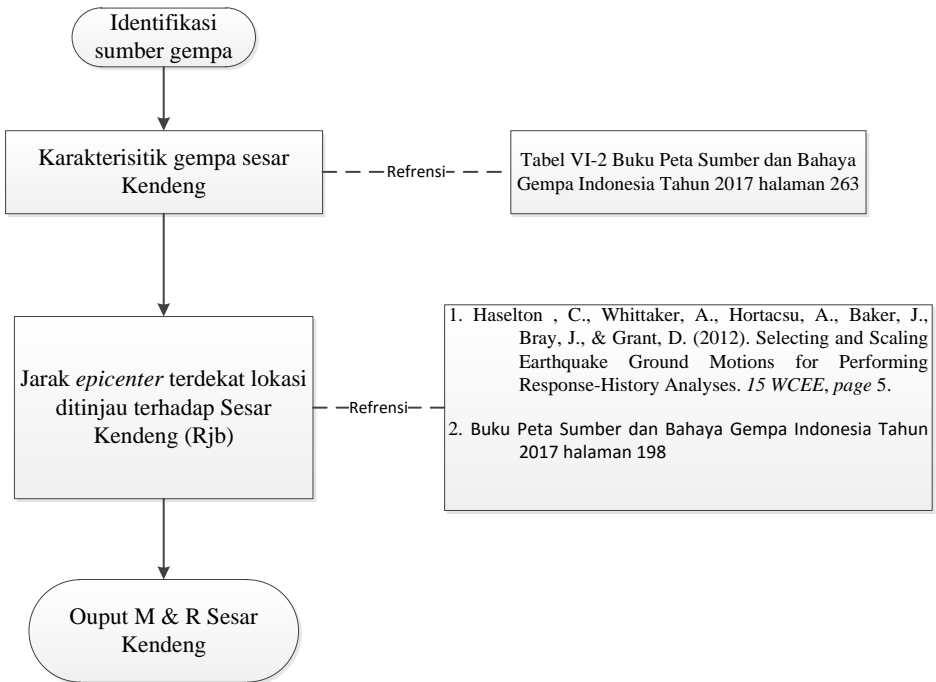


Gambar 3. 4 *Flowchart Deterministic Seismic Hazard Analysis*



Gambar 3. 5 *Flowchart Deterministic Seismic Hazard Analysis*

1. Identifikasi sumber gempa berupa jarak gempa (R), jenis patahan, dan besaran gempa yang terjadi (M_w). Sesuai Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun 2017, Surabaya dilewati oleh sesar Kendeng dengan kekuatan 6.5 magnitudo dan jenis patahan sesar tersebut adalah *reverse fault*.



Gambar 3. 6 *Flowchart* identifikasi sumber gempa

Tabel 3. 1 Sumber gempa Sesar Kendeng (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)

<i>Main Fault</i>	<i>Segment</i>	<i>Slip Rate mm/yr</i>	<i>Fault Mechanis</i>	<i>Mmax Magnitude</i>
	Waru	0.05	Reverse-slip	6.5
	Surabaya	0.05	Reverse-slip	6.5
Kendeng	Blumbang	0.05	Reverse-slip	6.5
	Cepu	0.1	Reverse-slip	6.5
	Purwodadi	0.1	Reverse-slip	6.5

Jarak yang digunakan adalah jarak *epicenter* (R_{jb}). Jarak dapat dicari dengan menggunakan program “Hitung Jarak”. Input program tersebut berupa koordinat *longitude-latitude* lokasi yang dikaji. Koordinat lokasi yang dikaji diambil dari *google maps* atau *google earth*. Kemudian 29 koordinat *longitude-latitude* sesar Kendeng Surabaya yang didapatkan dari pusgen seperti pada gambar 3.7 dan gambar 3.8 berikut :

```

inputfaultsurabayaUntag - Notepad
File Edit Format View Help
1 (Koordinat UNTAG Surabaya)
-7.2999,112.7745 (Longitude, Latitude)
29 (29 Koordinat Sesar Kendeng, diperoleh dari PUSGEN)
-7.20240,112.52950 (Longitude, Latitude)
-7.20630,112.53780
-7.21370,112.54920
-7.21790,112.55590
-7.22480,112.56900
-7.22780,112.57380
-7.23310,112.57740
-7.23390,112.58350
-7.23390,112.58600
-7.23390,112.59270
-7.23330,112.59630
-7.23360,112.60330
-7.23600,112.61240
-7.23790,112.61610
-7.24100,112.62220
-7.24460,112.63140
-7.24870,112.64080
-7.25260,112.64810
-7.25560,112.65480
-7.26030,112.66730
-7.26130,112.67480

```

Gambar 3. 7 Koordinat UNTAG dan koordinat sesar Kendeng

Form1

Hitung Jarak Save Selesai

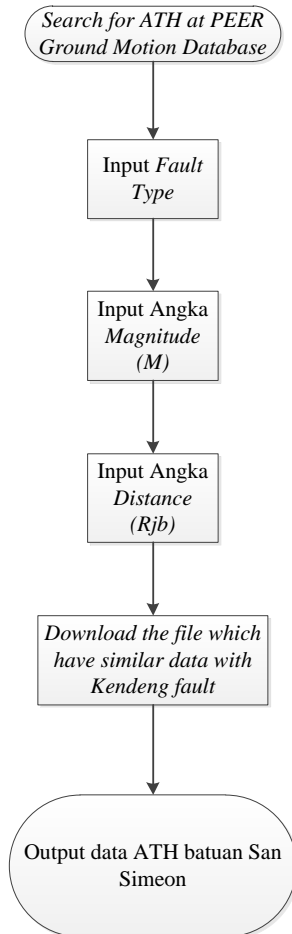
Hasil Perhitungan Jarak

NO	Longitude	Latitude	Jarak
1	112.7745	-7.2999	5.20181374595225


Gambar 3. 8 *Output* jarak antara lokasi yang di kaji dengan sesar Kendeng

Dari gambar 3.8 dapat dilihat bahwa jarak *epicenter* atau Rjb lokasi yang di kaji ke sesar Kendeng adalah 5,2 kilometer

2. Mencari *acceleration time history* batuan di berbagai negara yang memiliki jarak gempa (R), jenis patahan, dan besaran gempa (M_w) yang nilainya hampir mendekati pada website PEER Ground Motion Database seperti pada gambar 3.10. PEER akan menampilkan berbagai data *ground motion* yang ada di dunia seperti pada gambar 3.11. Dipilih kejadian di San Simeon tahun 2003 dengan stasiun pencatatan berada di *Templeton-1 Story Hospital* karena nilai besaran gempa (M_w) dan jarak gempa (R) hampir mendekati lokasi yang di kaji di Surabaya. Dari hasil pencarian tersebut didapatkan data *ground motion* arah timur-barat, utara-selatan, dan vertikal.



Gambar 3. 9 *Flowchart* mencari ATH pada PEER *ground motion database*


PEER Ground Motion Database NGA-West2
 Pacific Earthquake Engineering Research Center

[HOME](#) [DOCUMENTATION](#) [HELP](#) [SUBSCRIBE](#) [PEER](#)
FGHIFARI21@GMAIL.COM [SIGN_OUT](#)

Search was successfully created. Please allow time to render the graphics.

Edit Search

Load Sample Input Values
Clear Input Values

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to rerun Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : RSN1,RSNn

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type :

Magnitude :

min,max

R_IB(km) :

min,max

R_rup(km) :

min,max

Vs30(m/s) :

min,max

D5-95(sec) :

min,max

Pulse :

Any Record ▼

Additional Characteristics:

Max No. Records :

(< =100)

Suite

Spectral Ordinate : ▼

Damping Ratio : ▼

Suite Average : ▼

Gambar 3. 10 Search data pada PEER Ground Motion Database










Results -- Metadata

Click heading of the column to be sorted in ascending order

Rescale Using Checked Records

D5-95(s)	Arias Intensity (m/s)	Event	Year	Station	Mag	Mechanism	Rjb(km)	Rrup(km)	Vs30(m/s)	Lowest useable freq (Hz)	Initial-Search SF	H1 Acc. f
4.9	1.2	Friuli, Italy-01	1976	Tolmezzo	6.5	Reverse	14.97	15.82	505.23	0.1625	1.0	FRIULI.A
13.2	0.4	San Simeon, CA	2003	Cambria - Hwy 1 Caltrans Bridge	6.52	Reverse	6.97	7.25	362.42	0.1	1.0	SANSIME
18.8	0.2	San Simeon, CA	2003	San Antonio Dam - Toe	6.52	Reverse	16.17	19.01	509.04	0.25	1.0	SANSIME
10.3	1.9	San Simeon, CA	2003	Templeton - 1-story Hospital	6.52	Reverse	5.07	6.22	410.66	0.0875	1.0	SANSIME

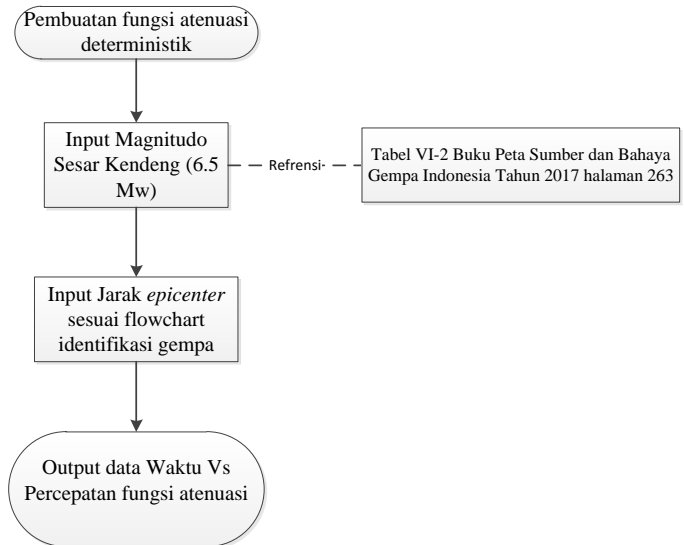
Gambar 3. 11 Data yang di tampilkan PEER

 RSN4031_SANSIMEO_36695-UP
 RSN4031_SANSIMEO_36695-UP.DT2
 RSN4031_SANSIMEO_36695-UP.VT2
 RSN4031_SANSIMEO_36695090
 RSN4031_SANSIMEO_36695090.DT2
 RSN4031_SANSIMEO_36695090.VT2
 RSN4031_SANSIMEO_36695360
 RSN4031_SANSIMEO_36695360.DT2
 RSN4031_SANSIMEO_36695360.VT2

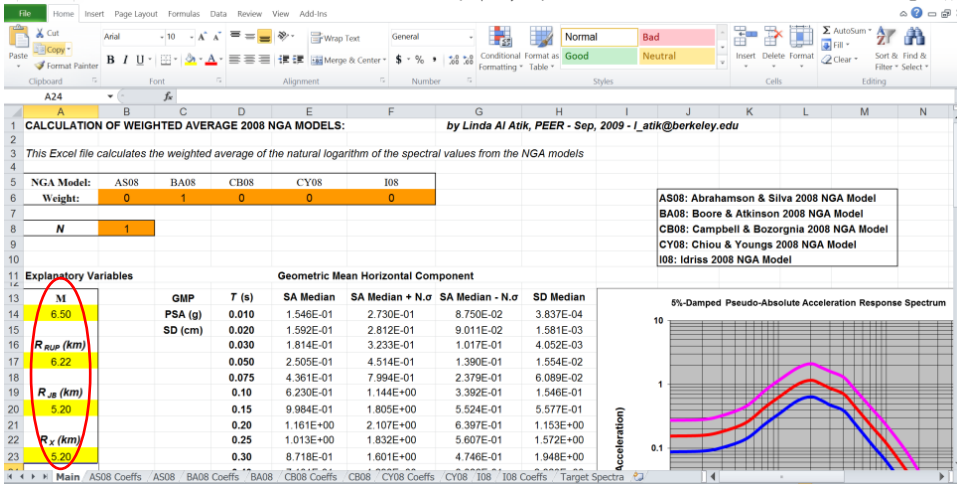
Gambar 3. 12 Data *ground motion* yang didapatkan dari PEER.

Dari kejadian San Simeon seperti pada gambar 3.11, maka akan didapatkan tiga data *ground motion* seperti pada gambar 3.12 . Data-data tersebut adalah sebagai berikut :

- a. _36695-UP: data *ground motion* arah Vertikal
 - b. _36695090: data *ground motion* arah Utara Selatan
 - c. _36695360: data *ground motion* arah Timur Barat
3. Membuat fungsi atenuasi atau respon spektra atenuasi sesuai jarak gempa (R) dan besaran gempa (M_w) yang ditinjau dengan program excell “NGA_Models_Version2_4” yang dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut. Fungsi atenuasi ini digunakan untuk *matching acceleration time history* batuan di negara lain menjadi *acceleration time history* batuan di lokasi yang ditinjau.

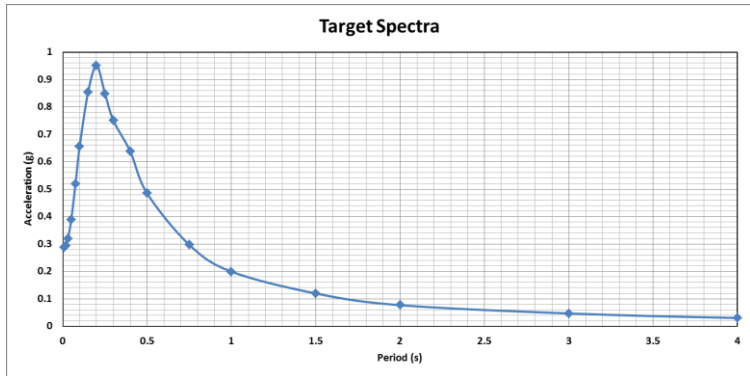


Gambar 3. 13 *Flowchart* pembuatan fungsi atenuasi



Gambar 3. 14 Input data-data fungsi atenuasi

Data yang harus dimasukan pada program excell “NGA_Models_Version2_4” ini adalah besaran magnitudo Sesar Kendeng (6.5 Mw), R_{RUP} (6.22 Km) disamakan seperti data gempa pada gambar 3.11 diatas, R_{JB} dan R_X (5.20 Km) yang dicari dengan program “Hitung Jarak” seperti pada gambar 3.8 diatas. Kemudia pindah ke *sheet Target Spectra*, hasil *Terget Spectra* akan muncul seperti pada gambar 3.15 berikut.



Gambar 3. 15 Fungsi Atenuasi Deterministik pada lokasi UNTAG

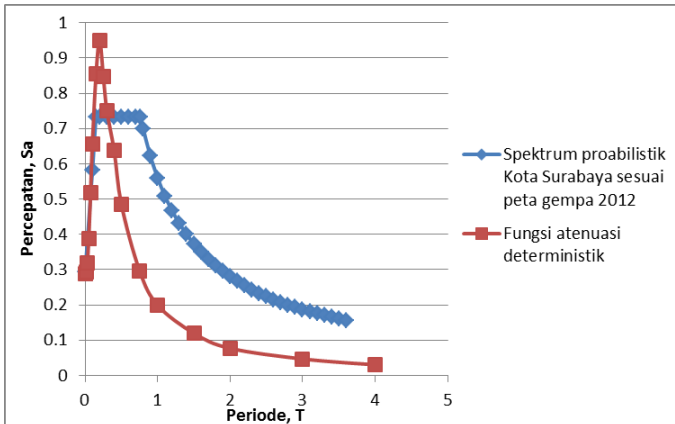
target spektra - Notepad

File Edit Format View Help

0.01	0.287631924
0.02	0.293184867
0.03	0.319032919
0.05	0.389051022
0.075	0.518629055
0.1	0.655831427
0.15	0.854665171
0.2	0.949970555
0.25	0.848763672
0.3	0.750238857
0.4	0.63765202
0.5	0.484658822
0.75	0.297027773
1	0.199270962
1.5	0.119674856
2	0.07697732
3	0.046751047
4	0.030101958

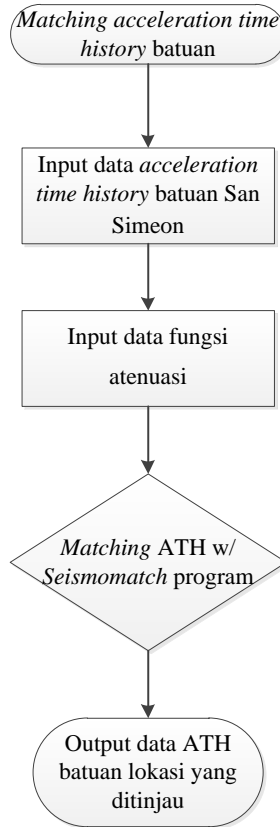
Gambar 3. 16 Data waktu (kolom kiri) Vs percepatan (kolom kanan) hasil dari excell NGA_Models_Version2_4

Fungsi atenuasi tersebut harus dibandingkan dengan respon spektrum probabilitas tahun 2012. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.17 berikut. Dari gambar 3.17 dapat diambil kesimpulan fungsi atenuasi dapat langsung dipakai untuk *matching acceleration time history* karena telah melampaui spektrum probabilitik. Apabila tidak melampaui spektrum probabilitik, maka fungsi atenuasi perlu di skala terhadap spektrum probabilitik sebelum dipakai *matching acceleration time history*.

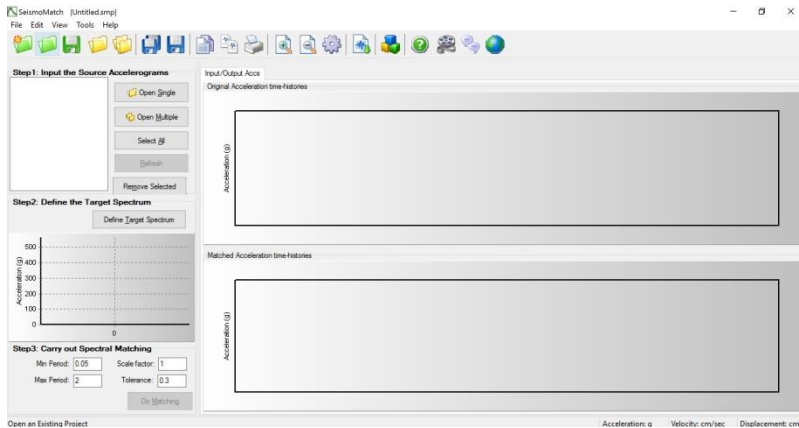


Gambar 3. 17 Perbandingan spektrum probabilitik 2012 dengan fungsi atenuasi deterministik Surabaya

4. Memodifikasi atau *matching acceleration time history* batuan di negara lain menjadi *acceleration time history* batuan di lokasi yang ditinjau dengan program “Seismo Match v2016”.

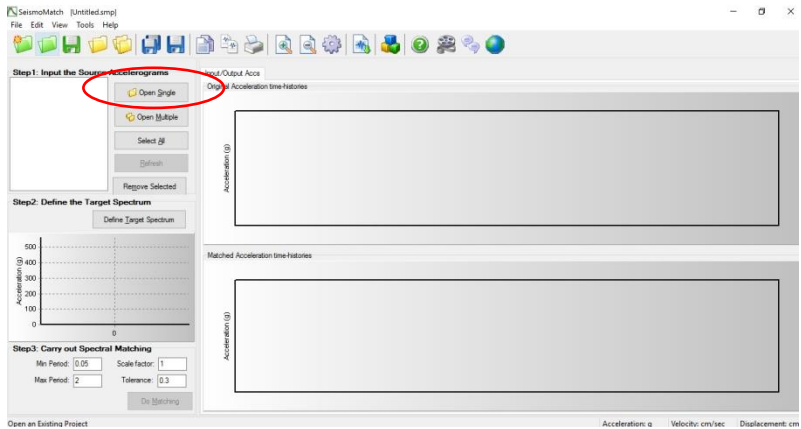


Gambar 3. 18 *Flowchart Matching ATH*



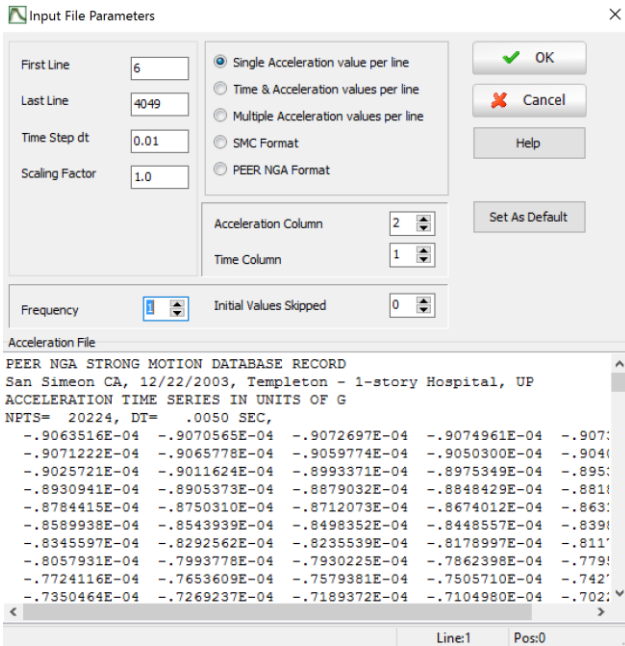
Gambar 3. 19 *Software Seismo Match v2016*

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah input data *acceleration time history* batuan yang berada di San Simeon tahun 2003 dengan stasiun pencatatan berada di *Templeton-1 Story Hospital*. Pilih opsi *open single* pada kotak *Step 1* seperti pada gambar 3.20 berikut.

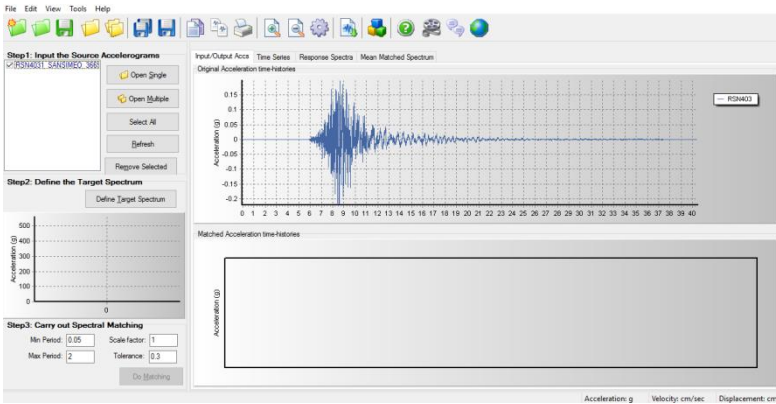


Gambar 3. 20 Langkah pertama dalam *matching acceleration time history*.

Kemudian pilih data *acceleration time history* batuan San Simeon yang sudah disimpan (lihat gambar 3.12). Data *acceleration time history* batuan akan muncul pada kotak *input file parameters* seperti pada gambar 3.21 berikut . Kemudian pilih opsi OK lalu akan muncul gambar *acceleration time history* batuan seperti pada gambar 3.22.

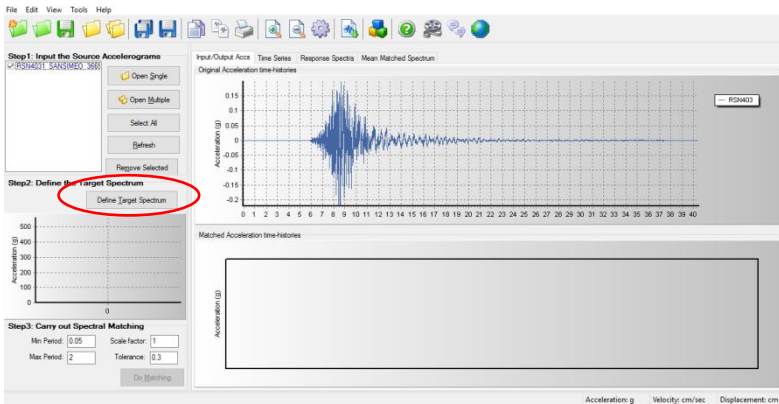


Gambar 3. 21 Kotak input file parameters

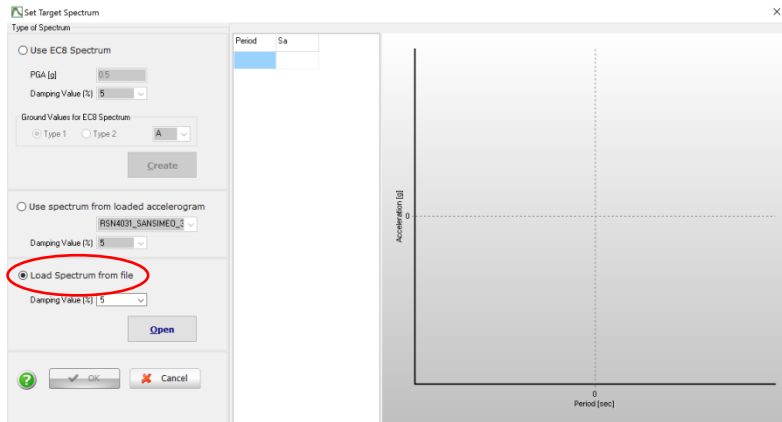


Gambar 3. 22 acceleration time history batuan San Simeon 2003

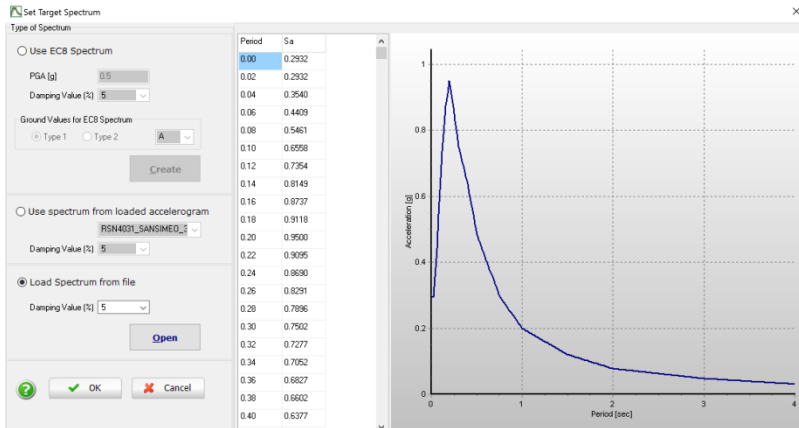
Langkah selanjutnya adalah memasukan data fungsi atenuasi pada kotak *step 2*, pilih *define target spectrum*. Kemudian pilih opsi *load spectrum from file*. Pilih *file* seperti pada gambar 3.16 yang berisi Data waktu Vs percepatan hasil dari excell NGA_Models_Version2_4 yang di *copy* ke *notepad*. Kemudian pilih opsi *Ok* untuk menuntaskan kotak *Define the target spectrum*.



Gambar 3. 23 *Define target spectrum* untuk menentukan fungsi atenuasi.

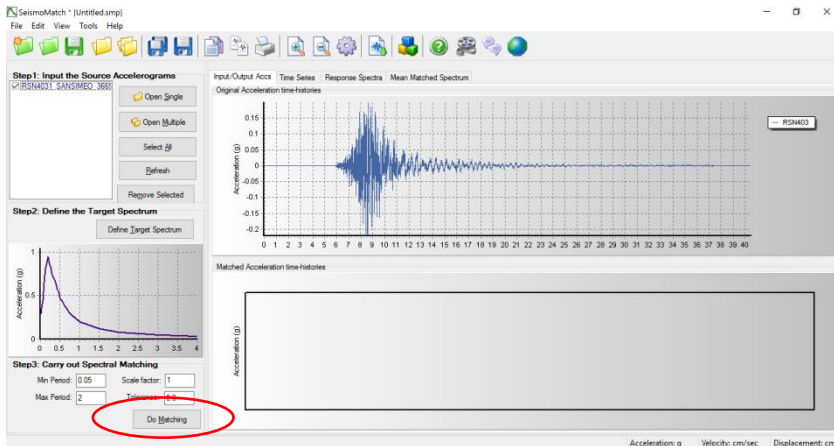


Gambar 3. 24 Opsi load spectrum from file



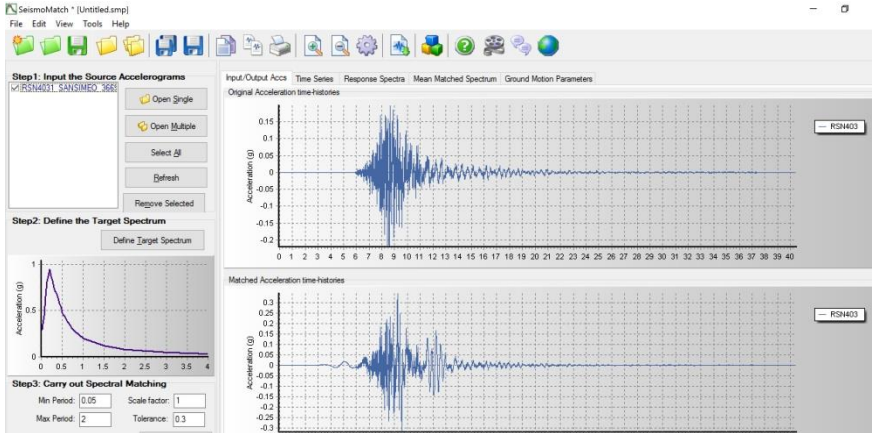
Gambar 3. 25 Opsi load spectrum from file

Langkah selanjutnya adalah *matching acceleration time history* pada kotak ketiga, pilih opsi *do matching* kemudian program akan melakukan *matching* dari *original acceleration time histories* menjadi *matched acceleration time histories*

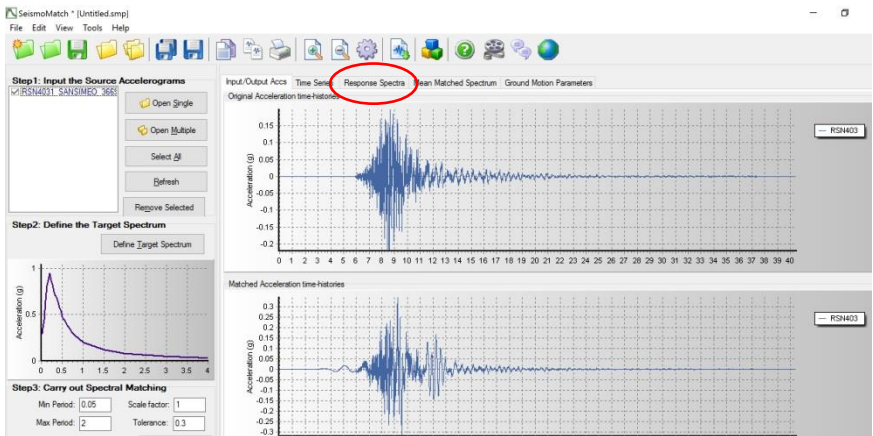


Gambar 3. 26 *Do matching* untuk memulai proses *matching acceleration time history*

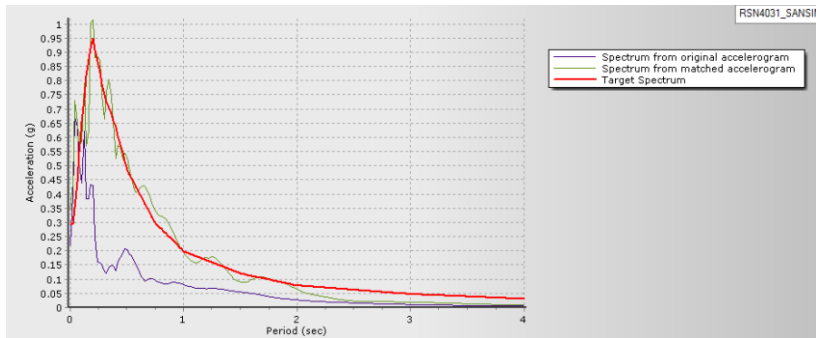
Setelah melakukan *matching*, maka hasil dari *matching* tersebut dapat dilihat pada kotak *Matched Acceleration time-histories* seperti pada gambar 3.27 berikut. Kemudian untuk verifikasi gempa dapat dilihat pada opsi *Response Spectra* (lihat gambar 3.28). Apabila hasil dari *Spectral matching* mendekati fungsi atenuasi maka gempa telah berhasil terskalakan (lihat gambar 3.29)



Gambar 3. 27 Hasil *matching ground motion* batuan dari negara lain ke lokasi yang ditinjau



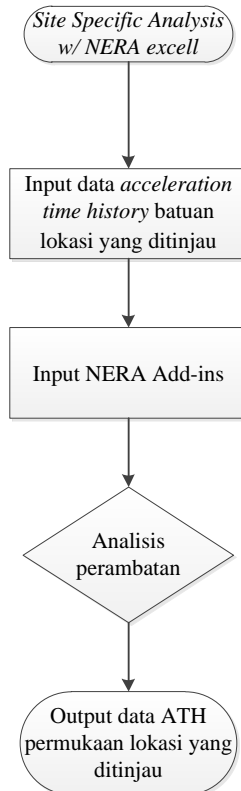
Gambar 3. 28 opsi *Response Spectra*



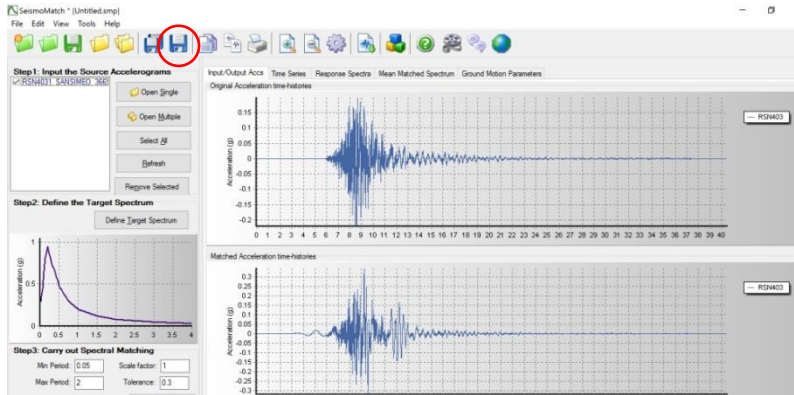
Gambar 3. 29 Hasil verifikasi *spectral matching*

Gambar 3.29 menunjukkan hasil dari *spectral matching* pada batuan. Nampak hasil *spectral matching* (warna hijau) mendekati dengan fungsi atenuasi atau target spektra yang diharapkan. Oleh karena itu *acceleration time history* dari hasil *matched* memiliki perubahan dibandingkan dengan *original acceleration time history*.

5. *Acceleration time history* batuan disalurkan ke permukaan dengan program excell “NERA”. Dari Gambar 3.27, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah memilih opsi *save record* untuk menyimpan data *matched accelerograms* seperti pada gambar 3.31 di bawah ini.

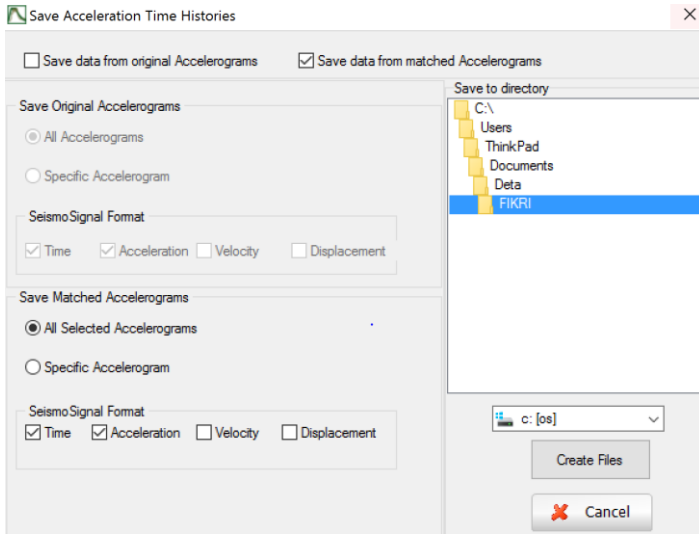


Gambar 3. 30 *Flowchart Site Specific Analysis*

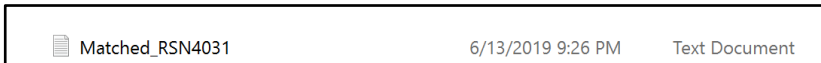


Gambar 3. 31 *save record* untuk menyimpan data *matched accelerograms*

Kemudian pilih *All selected Accelerograms* pada kotak *Save matched Accelerograms*. Kemudian pilih *Time* dan *Acceleration* pada kotak *SeismoSignal Format*. Kemudian simpan pada folder yang sudah disiapkan seperti pada gambar 3.32 berikut.



Gambar 3. 32 *save record* untuk menyimpan data *matched accelerograms*



Gambar 3. 33 *Output* setelah *save record* berupa *file Text Document*

Isi dari file *Text Document* adalah berupa data *Time* dan *Acc* (lihat gambar 3.34). Kemudian kedua data tersebut di *copy* kemudian di *paste* pada *Excell NERA Sheet Earthquake* seperti pada gambar 3.35 berikut.

Matched_RSN4031 - Notepad

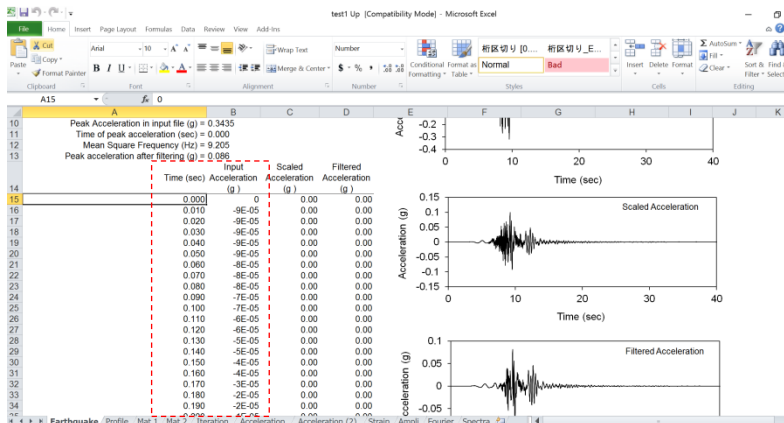
File Edit Format View Help

Time Series matched accelerogram: RSN4031_SANSINEO_36695-UP.AT2

Time Step: 0.01 s

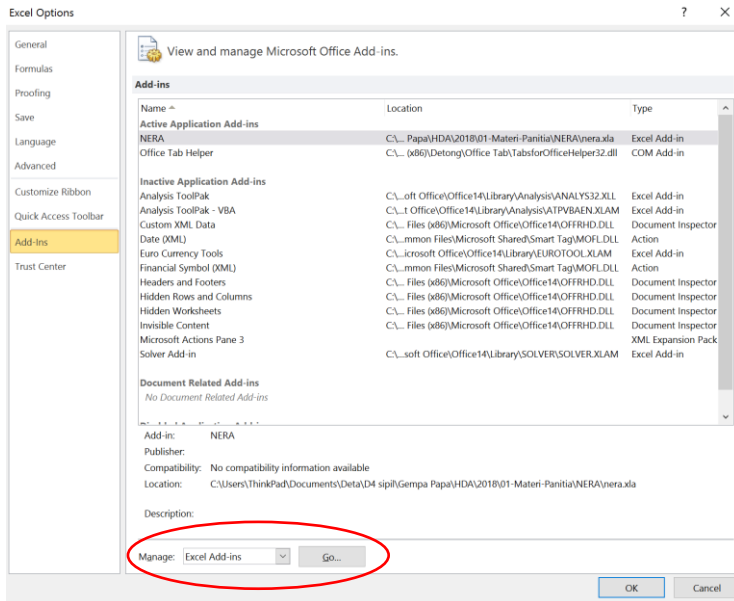
Time(sec)	Acc(g)
0.00000	0.00000
0.01000	-0.00009
0.02000	-0.00009
0.03000	-0.00009
0.04000	-0.00009
0.05000	-0.00009
0.06000	-0.00008
0.07000	-0.00008
0.08000	-0.00008
0.09000	-0.00007
0.10000	-0.00007
0.11000	-0.00006
0.12000	-0.00006
0.13000	-0.00005
0.14000	-0.00005
0.15000	-0.00004
0.16000	-0.00004
0.17000	-0.00003
0.18000	-0.00002
0.19000	-0.00002
0.20000	-0.00001
0.21000	-0.00001
0.22000	0.00000
0.23000	0.00001
0.24000	0.00001
0.25000	0.00002
0.26000	0.00002
0.27000	0.00003
0.28000	-0.00003
0.29000	0.00006
0.30000	0.00004

Gambar 3. 34 Output setelah save record berupa file Text Document. Kotak merah adalah data yang di copy



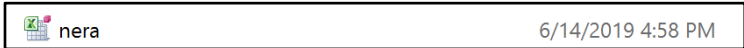
Gambar 3. 35 Data save record yang telah di paste pada Sheet Earthquake

Lalu setelah semua data sudah di *input*, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah menambahkan *Add-ins* NERA pada *excell* dengan tujuan membawa *acceleration time history* di batuan menuju ke permukaan tanah secara otomatis. Caranya adalah pilih *file-options-Add-ins*. Kemudian pilih *go* seperti pada gambar 3.36 dibawah ini



Gambar 3. 36 Input *Add-ins*

Pilih file *Add-ins* seperti pada gambar 3.37 dibawah ini, maka *excell* telah ditambahkan program *Add-ins* NERA. Setelah itu lakukan *initial step* berupa *Process Earthquake Data* kemudian melakukan *Calculate step-by-step* seperti pada gambar 3.38 dan 3.39 berikut

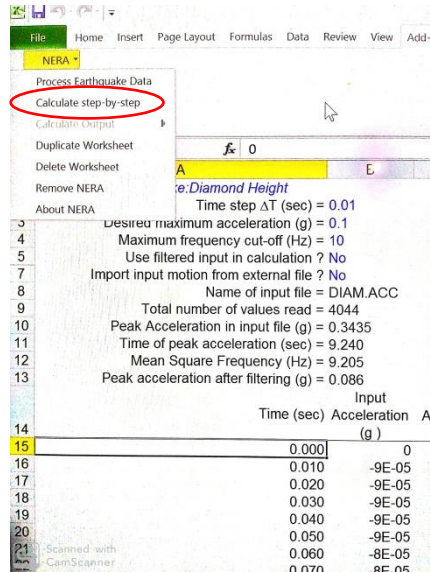
Gambar 3. 37 file *Add-ins*

Process Earthquake Data
 Calculate step-by-step
 Calculate Output
 Duplicate Worksheet
 Delete Worksheet
 Remove NERA
 About NERA

Desired maximum acceleration (g) = 0.1
 Maximum frequency cut-off (Hz) = 10
 Use filtered input in calculation? No
 Import input motion from external file? No
 Name of input file = DIAM.ACC
 Total number of values read = 4044
 Peak Acceleration in input file (g) = 0.3435
 Time of peak acceleration (sec) = 9.240
 Mean Square Frequency (Hz) = 9.205
 Peak acceleration after filtering (g) = 0.086

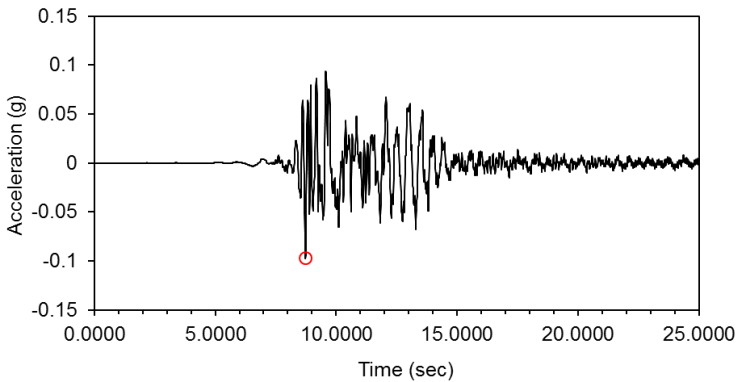
	Input Time (sec)	Acceleration (g)	A
15	0.000	0	
16	0.010	-9E-05	
17	0.020	-9E-05	
18	0.030	-9E-05	
19	0.040	-9E-05	
20	0.050	-9E-05	
21	0.060	-8E-05	
22	0.070	8E-05	

Gambar 3. 38 *initial step* berupa *Process Earthquake Data*

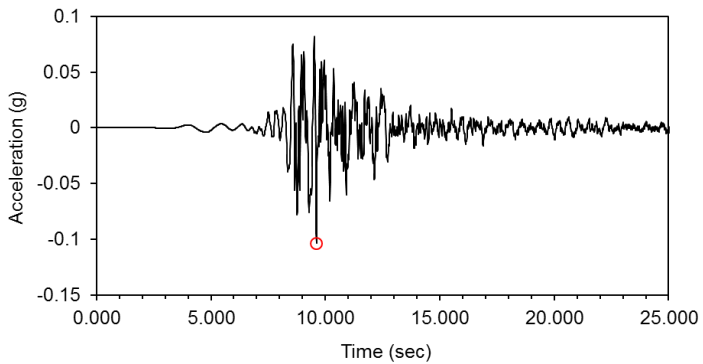


Gambar 3.39 Calculate step-by-step

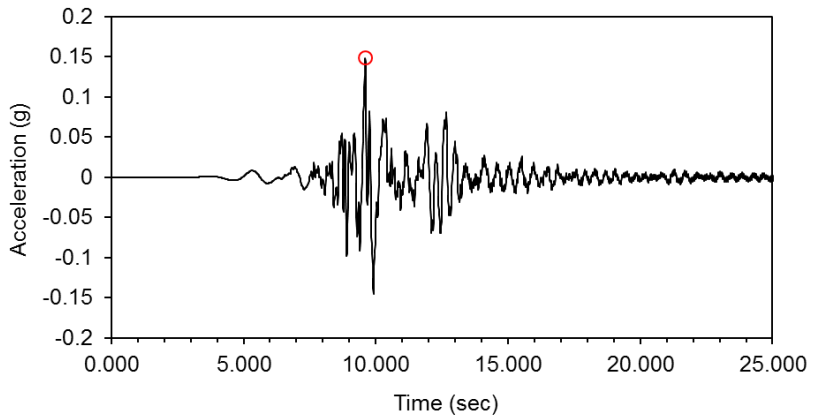
Setelah melakukan *calculate step-by-step*, maka hasil dari analisis perambatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.40 hingga Gambar 3.42 berikut.



Gambar 3. 40 *Modified Acceleration Time History surface motion*
Sesar Kendeng arah timur-barat dengan *maximum acceleration*
0.097(g)

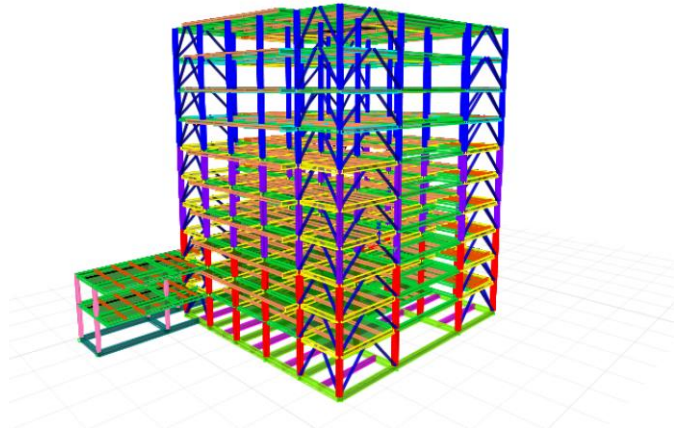


Gambar 3. 41 *Modified Acceleration Time History surface motion*
Sesar Kendeng arah utara-selatan dengan *maximum acceleration*
0.104(g)



Gambar 3. 42 *Modified Acceleration Time History surface motion*
Sesar Kendeng arah vertikal dengan maximum acceleration
0.148(g)

3.5 Analisis Struktur dengan ETABS17 dan Evaluasi Kemampuan Struktur

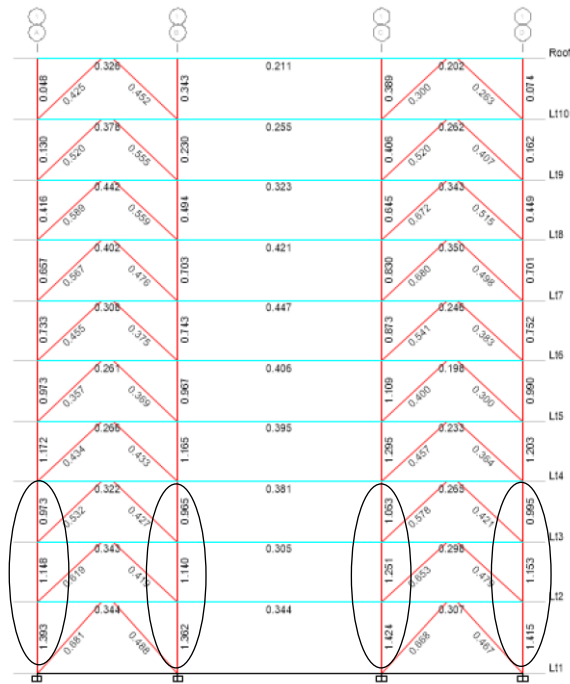


Gambar 3. 43 Pemodelan struktur baja untag

Bangunan dimodelkan dengan program ETABS17 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam akibat beban-beban yang sudah di input, lalu di evaluasi kemampuan struktur secara linier. Evaluasi-evaluasi yang dilakukan berupa :

1. Evaluasi penampang balok dan kolom eksisting terhadap beban gempa sesar kendeng.
2. Evaluasi sambungan eksisting terhadap beban gempa sesar kendeng.
3. Evaluasi deformasi struktur yang terjadi akibat beban gempa sesar kendeng.

Pemodelan awal dilakukan untuk melihat apakah kondisi struktur terhadap gempa sesar Kendeng aman atau tidak aman. Berikut gambar 3.44 adalah hasil dari analisis struktur dengan *output* analisis adalah rasio kapasitas struktur. Apabila melihat pada bagian kolom yang dilingkari, rasio kapasitas kolom tersebut melampaui 1 akibat kombinasi $1.2D + 1L + 1Ez + 1Ex$. Sehingga gedung perlu diperkuat untuk menambah kekakuan serta kekuatan penampang.



Gambar 3. 44 *Output* rasio kapasitas struktur portal arah – x

3.6 Perkuatan Struktur

Perkuatan dilakukan apabila setelah dilakukan evaluasi struktur, baik sistem struktur maupun elemen struktur, struktur tidak memenuhi persyaratan yang disyaratkan peraturan. Perkuatan yang digunakan tergantung pada elemen struktur yang tidak memenuhi persyaratan. Langkah-langkah dalam perkuatan struktur adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi penampang atau sambungan yang tidak memenuhi persyaratan akibat beban gempa sesar kendeng.
2. Menentukan perkuatan yang sesuai dengan kebutuhan:
 - a. Perkuatan kolom dengan menambahkan pelat kopel pada profil
 - b. Perkuatan balok dengan menambahkan tinggi profil.
 - c. Perkuatan sambungan dengan menambahkan tebal pelat penyambung atau memperbesar diameter sambungan.
3. Kontrol penampang yang sudah diperkuat.

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB IV IDENTIFIKASI BEBAN

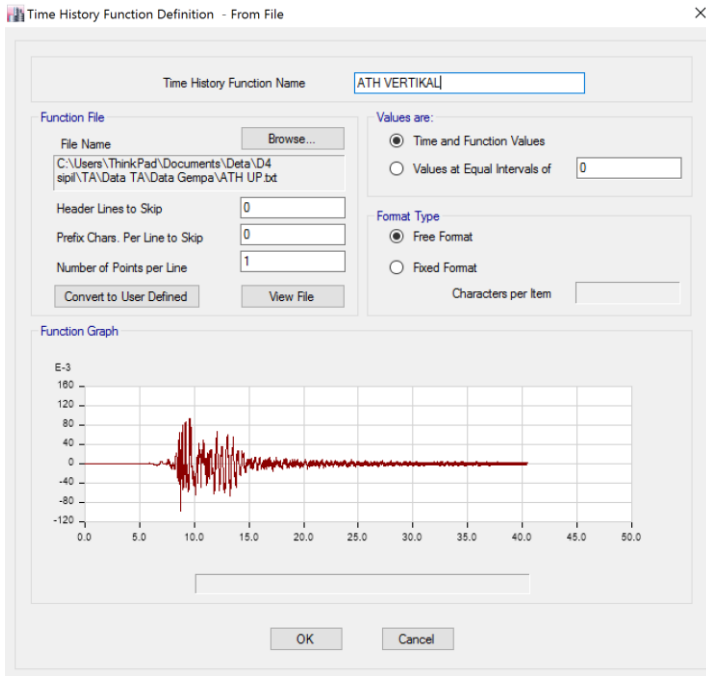
4.1 Analisa Pembebanan

Pembebanan merupakan tahap awal sebelum membuat permodelan struktur dan melakukan evaluasi struktur. Pada tugas akhir ini pembebanan dibagi menjadi dua, pembebanan statis dan pembebanan dinamis. Pembebanan statis meliputi beban hidup atau fungsi bangunan, beban mati tambahan dan beban angin. Pembebanan statis mengacu pada peraturan SNI 1727:2013 tentang Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Pembebanan dinamis meliputi beban riwayat waktu gempa sesar Kendeng dengan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* mengacu pada buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Berikut merupakan rincian beban-beban statis yang diaplikasikan pada permodelan struktur sesuai kondisi eksisting :

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Beban hidup rencana | : 4 kN/m^2 |
| 2. Beban hidup atap | : 0.96 kN/m^2 |
| 3. Keramik & spesi 1cm | : 1.1 kN/m^2 |
| 4. Plafon | : 0.05 kN/m^2 |
| 5. Penggantung | : 0.1 kN/m^2 |
| 6. MEP | : 0.2 kN/m^2 |

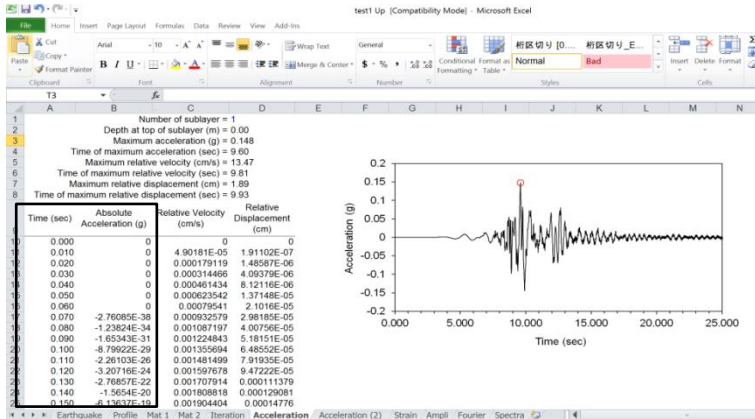
Untuk beban dinamis maka parameter yang harus di input pada ETABS adalah periode dan percepatan. Hasil dari pembebanan dinamis dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Input pembebanan *acceleration time history* pada ETABS untuk gempa arah vertikal.

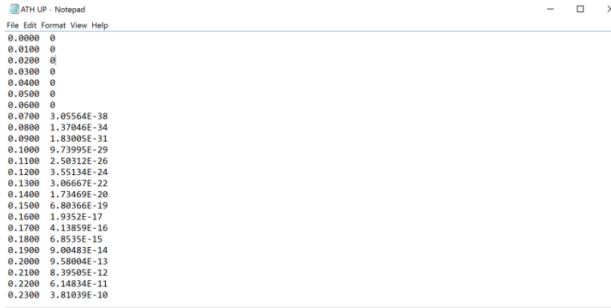
Berikut merupakan langkah-langkah memasukkan beban dinamis sesar Kendeng pada program ETABS :

1. Dari hasil analisis perambatan gelombang yang dijelaskan pada sub bab 3.4 dengan menggunakan program excell “NERA”, maka akan didapatkan grafik hubungan periode waktu dan percepatan seperti pada gambar 4.2 berikut :

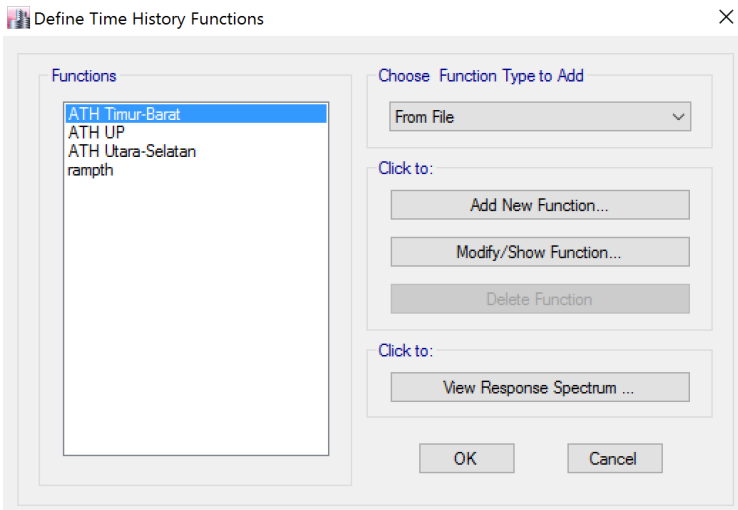


Gambar 4. 2 Hasil sebagian analisis perambatan gelombang dari batuan menuju permukaan

2. Dari gambar 4.2, terdapat parameter *Time (sec)* dan *Absolute Acceleration (g)*. Kedua parameter tersebut di *copy* ke dalam *notepad* (lihat gambar 4.3).
3. Setelah mendapatkan kedua parameter tersebut, langkah selanjutnya adalah mendefinisikan beban dinamis pada software ETABS dengan masuk ke dalam *section Define Time History Function* (lihat gambar 4.4).



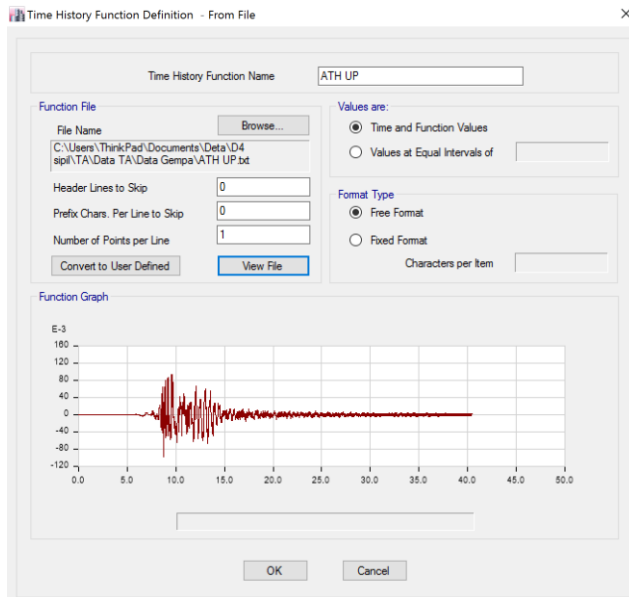
Gambar 4. 3 Parameter *Time (sec)* dan *Absolute Acceleration (g)* dalam *notepad*



Gambar 4. 4 tampilan *Define Time History Functions* pada ETABS

Setelah membuka *section Define Time History Function*, maka ganti *Function Type to Add* menjadi *From File*. Lalu pilih *Add New Function* untuk mendefinisikan beban dinamis sesar Kendeng. Lalu akan keluar tampilan *Time History Function Definition-From File* (lihat gambar 4.5).

4. Pada kotak *Values are*, pilih opsi *Time and Function Values*. Pada kotak *Format Type*, pilih opsi *Free Format*. Langkah selanjutnya adalah memasukan parameter *Time (sec)* dan *Absolute Acceleration (g)* dengan cara *Browse* pada kotak *Function File*, lalu pilih file *Notepad* yang berisikan nilai-nilai *Time (sec)* dan *Absolute Acceleration (g)* seperti pada gambar 4.3. Hasil *output* dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut:



Gambar 4. 5 tampilan *Time History Function Definition*

4.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban untuk evaluasi struktur baja menggunakan beban beban terfaktor menurut SNI 1726:2012 pasal 4.2.2, beban kombinasi yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L$
3. $1.2D + 1Eh + 1Ev + 1L$
4. $0.9D + 1Eh - 1Ev$

Dimana:

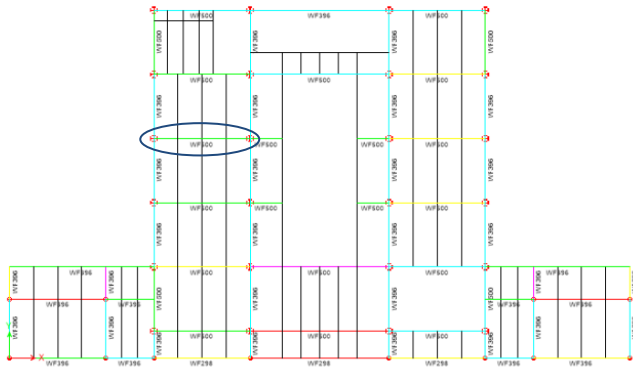
- D = Beban mati
L = Beban hidup
Eh = Beban gempa horizontal
Ev = Beban gempa vertikal

BAB V PERHITUNGAN KAPASITAS PENAMPANG

5.1 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 2 dan Lantai 3

5.1.1 Balok WF500.200.10.16, L = 9 m (WF500, L=9m)

Plan View - Lt2 - Z = 4.5 (m) Steel Design Sections (AISC 360-16)



Gambar 5. 1 Lokasi WF500, L=9 m

Berikut adalah data-data *properties* WF500, L=9m untuk perhitungan kapasitas lentur balok :

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

H	= 500 mm	Ix	= 47800 cm ⁴
B	= 200 mm	Iy	= 2140 cm ⁴
tw	= 10 mm	rx	= 205 mm
tf	= 16 mm	ry	= 43.3 mm
A	= 11420 mm ²	Zx	= 1910 cm ³
Weight	= 89.6 Kg/m	Zy	= 214 cm ³

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E/f_y} = 10.97$$

$$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Pelat sayap kompak}$$

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{500 - (2 \times 16)}{10} = 46.8$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{E/f_y} = 108.54$$

$$\therefore \frac{H - 2t_f}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Pelat badan kompak}$$

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal F2

b. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 477.5 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 429.75 \text{ kN.m}$$

c. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

Jarak antar balok anak, $L_b = 2250 \text{ mm}$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2155.488 \text{ mm}$$

$$I_y = 21400000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1920400 \text{ mm}^3$$

$$J = 707000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$c = 1$ (Profil I simetris ganda)

$$h_o = H - t_f = 484 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 51.93$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} = 6505 \text{ mm}$$

$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = 1.211 \text{ (Output ETABS)}$$

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 517.0778 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n \geq \phi M_p \rightarrow$ Kondisi pelelehan masih menentukan

5.1.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 2 dan Lantai 3

Tabel 5. 1 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 2 dan lantai 3

Nama Penampang	ϕM_n (kN.m)	M_{ult} (kN.m)	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
WF500,L=9m	429.75	373.5	0.87	Lt 3	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500 Kant,L=4.75m	429.75	545.4	1.3	Lt 3	As 4 Join F'-C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF500 Perimeter,L=9m	290.8	68.64	0.24	Lt 2	As 6 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500,L=13m	416.78	550.88	1.32	Lt 3	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	O/S
WF396	227.25	269.9347	1.2	Lt 2	As 1' Join E-F	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF298,L=13m	86.4	163.8998	1.89	Lt 2	As 7 Join B-C	1.2D+1.6L	O/S
WF298,L=9m	95.4	88.8609	0.93	Lt 3	As 7 Join A-B	1.2D+1.6L	OK

Tabel 5. 2 Rekapitulasi lendutan balok lantai 2 dan lantai 3

Nama Penampang	δ	δ_{izin} (L/360)	Kombinasi	Cek
	(mm)	(mm)		
WF500,L=9m	11.2	25	1D+1L	OK
WF500 Kant,L=4.75m	3.14	13.2	1D+1L	OK
WF500 Perimeter,L=9m	0.494	25	1D+1L	OK
WF500,L=13m	35.7	36.11	1D+1L	OK
WF396	23.4	25	1D+1L	OK
WF298,L=13m	77.13	36.11	1D+1L	NOT OK
WF298,L=9m	15.3	25	1D+1L	OK

5.2 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 4 – Lantai 7

5.2.1 Balok WF500.200.10.16 Kantilever, $L=4.75\text{m}$ (WF500 K, $L=4.75\text{m}$)

Plan View - L14 - Z = 12.1 (m) Steel Design Sections (AISC 360-16)



Gambar 5. 2 Lokasi WF500 K, $L=4.75$

Berikut adalah data-data *properties* WF500 K, $L=4.75$ untuk perhitungan kapasitas lentur balok :

H	= 500 mm	I_x	= 47800 cm^4
B	= 200 mm	I_y	= 2140 cm^4
tw	= 10 mm	rx	= 205 mm
tf	= 16 mm	ry	= 43.3 mm
A	= 11420 mm^2	Z_x	= 1910 cm^3
Weight	= 89.6 Kg/m	Z_y	= 214 cm^3

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10.97$$

$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow$ Pelat sayap kompak

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{500 - (2 \times 16)}{10} = 46.8$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108.54$$

$\therefore \frac{H-2t_f}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow$ Pelat badan kompak

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal F2

b. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\emptyset = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 477.5 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset M_n = 429.75 \text{ kN.m}$$

c. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

$$\text{Jarak antar balok anak, } L_b = 3000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2155.488 \text{ mm}$$

$$I_y = 21400000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1920400 \text{ mm}^3$$

$$J = 707000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$c = 1$ (Profil I simetris ganda)

$$h_o = H - t_f = 484 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 51.93$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} = 6505 \text{ mm}$$

$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = 1.849 \text{ (Output ETABS)}$$

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 748.91 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n \geq \phi M_p \rightarrow$ Kondisi pelelehan masih menentukan

5.2.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 4 - Lantai 7

Tabel 5. 3 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 4 – lantai 7

Nama Penampang	ϕM_n	M_{ult}	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
WF500, L=9m	429.75	380.91	0.88	Lt 7	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500 Kant, L=4.75m	429.75	759	1.766	Lt 6	As 3 Join B-E'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF500 Perimeter, L=9m	290.8	60.26	0.2	Lt 7	As 6 Join C-D	1.2D+1.6L	OK
WF500, L=13m	420.02	544.85	1.3	Lt 5	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	O/S
WF396	227.25	117.0219	0.51	Lt 4	As B Join 6-7	1.2D+1.6L	OK

Tabel 5. 4 Rekapitulasi lendutan balok lantai 4 – lantai 7

Nama Penampang	δ	δ_{izin} (L/360)	Kombinasi	Cek
	(mm)	(mm)		
WF500, L=9m	14.5	25	1D+1L	OK
WF500 Kant, L=4.75m	8.4	13.2	1D+1L	OK
WF500 Perimeter, L=9m	1.2	25	1D+1L	OK
WF500, L=13m	35.4	36.11	1D+1L	OK
WF396	0.965	5.6	1D+0.75(0.7E)+0.75L	OK

5.3 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Lantai 8 – Lantai 10

5.3.1 Balok WF450.200.9.14, L = 9 m (WF450, L=9m)

Plan View - L18 - Z = 27.3 (m) Steel Design Sections (AISC 360-16)



Gambar 5. 3 Lokasi WF450, L=9m

Berikut adalah data-data *properties* WF450, L=9m untuk perhitungan kapasitas lentur balok :

H	= 450 mm	I _x	= 33500 cm ⁴
B	= 200 mm	I _y	= 1870 cm ⁴
tw	= 9 mm	r _x	= 186 mm
tf	= 14 mm	r _y	= 44 mm
A	= 9680 mm ²	Z _x	= 1490 cm ³
Weight	= 76 Kg/m	Z _y	= 187cm ³

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 14} = 7.14$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E/f_y} = 10.97$$

$$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Pelat sayap kompak}$$

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{450 - (2 \times 14)}{9} = 46.89$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{E/f_y} = 108.54$$

$$\therefore \frac{H-2t_f}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Pelat badan kompak}$$

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal F2

b. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 372.5 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 335.25 \text{ kN.m}$$

c. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

Jarak antar balok anak, $L_b = 2250 \text{ mm}$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2190.33 \text{ mm}$$

$$I_y = 18700000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1495200 \text{ mm}^3$$

$$J = 472000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$c = 1$ (Profil I simetris ganda)

$$h_o = H - t_f = 436 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 52.22$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} = 6490 \text{ mm}$$

$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = 1.218 \text{ (Output ETABS)}$$

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 406.65 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n \geq \phi M_p \rightarrow$ Kondisi pelelehan masih menentukan

5.3.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Lantai 8 - Lantai 10

Tabel 5. 5 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok lantai 8 – lantai 10

Nama Penampang	ϕM_n (kN.m)	M_{ult} (kN.m)	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
WF450, L=9m	335.25	398.8	1.2	Lt 9	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF450 Kant, L=4.75m	335.25	625.5	1.9	Lt 9	As 4 Join B-E'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF500 Perimeter, L=9m	290.8	92.6	0.32	Lt 10	As 6 Join C-D	1.2D+1.6L	OK
WF500, L=13m	418.8	549.95	1.31	Lt 9	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	O/S
WF396	227.25	116.79	0.51	Lt 10	As B Join 6-7	1.2D+1.6L	OK

Tabel 5. 6 Rekapitulasi lendutan balok lantai 8 – lantai 10

Nama Penampang	δ	δ_{izin} (L/360)	Kombinasi	Cek
	(mm)	(mm)		
WF450, L=9m	16.9	25	1D+1L	OK
WF450 Kant, L=4.75m	9.32	13.2	1D+1L	OK
WF500 Perimeter, L=9m	1.25	25	1D+0.75(0.7E)+0.75L	OK
WF500, L=13m	36.15	36.11	1D+1L	NOT OK
WF396	1.73	5.6	1D+1L	OK

5.4 Perhitungan Kapasitas Lentur Balok Atap

5.4.1 Balok WF396.199.7.11, L=6m (WF396, L=6m)



Gambar 5. 4 Lokasi WF396, L=6m

Berikut adalah data-data *properties* WF396, L=6m untuk perhitungan kapasitas lentur balok :

H	= 396 mm	I _x	= 20000 cm ⁴
B	= 199 mm	I _y	= 1450 cm ⁴
tw	= 7 mm	r _x	= 167 mm
tf	= 11 mm	r _y	= 44.8 mm
A	= 7216 mm ²	Z _x	= 1010 cm ³
Weight	= 56.6 Kg/m	Z _y	= 145cm ³

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{199}{2 \times 11} = 9.045$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{E/f_y} = 10.97$$

$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow$ Pelat sayap kompak

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{396 - (2 \times 11)}{7} = 53.43$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{E/f_y} = 108.54$$

$\therefore \frac{H-2t_f}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow$ Pelat badan kompak

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal F2

b. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\emptyset = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 252.5 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset M_n = 227.25 \text{ kN.m}$$

c. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

$$\text{Jarak antar balok anak, } L_b = 6000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2230.16 \text{ mm}$$

$$I_y = 14500000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1017100 \text{ mm}^3$$

$$J = 221000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$c = 1$ (Profil I simetris ganda)

$$h_o = H - t_f = 385 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 52.39$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7f_y}{E}\right)^2}} = 6296 \text{ mm}$$

$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow$ Bentang menengah

$$C_b = 2.301 \text{ (Output ETABS)}$$

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 379.83 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n \geq \phi M_p \rightarrow$ Kondisi pelelehan masih menentukan

5.4.2 Rekapitulasi Kapasitas Lentur Penampang Balok Atap

Tabel 5. 7 Rekapitulasi kapasitas lentur penampang balok atap

Nama Penampang	ϕM_n (kN.m)	M_{ult} (kN.m)	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
WF396, L=6m	227.25	71.92	0.31	Roof	As B Join 5-6	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF396, L=9m	227.25	240.15	1.06	Roof	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
WF500, L=13m	418.8	364.78	0.87	Roof	As 2 Join B-C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK

Tabel 5. 8 Rekapitulasi lendutan balok atap

Nama Penampang	δ	δ_{izin} (L/360)	Kombinasi	Cek
	(mm)	(mm)		
WF396, L=6m	1.53	16.7	1D+1L	OK
WF396, L=9m	10.9	25	1D+1L	OK
WF500, L=13m	29.2	36.11	1D+1L	OK

5.5 Perhitungan Kapasitas Geser Balok

5.5.1 Balok WF500.200.10.16

Berikut adalah data-data *properties* WF500 untuk perhitungan kapasitas geser balok :

H	= 500 mm	I _x	= 47800 cm ⁴
B	= 200 mm	I _y	= 2140 cm ⁴
t _w	= 10 mm	r _x	= 205 mm
t _f	= 16 mm	r _y	= 43.3 mm
A	= 11420 mm ²	Z _x	= 1910 cm ³
Weight	= 89.6 Kg/m	Z _y	= 214 cm ³

a. Cek rasio tebal/lebar *web*

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{500 - (2 \times 16)}{10} = 46.8$$

$$\lambda = 2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 63.36$$

∴ $\frac{H-2t_f}{t_w} \leq \lambda \rightarrow$ Cek kapasitas geser berdasarkan SNI 1729:2015 pasal G2.1

b. Kapasitas geser penampang (Pasal G2.1a)

$$\phi = 1$$

$$C_v = 1$$

$$d = H - (2 \cdot t_f) = 468 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 4680 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = \phi 0.6 f_y A_w C_v = 702 \text{ kN}$$

5.5.2 Rekapitulasi Kapasitas Geser Balok

Tabel 5. 9 Rekapitulasi kapasitas geser balok

Nama Penampang	ϕV_n	V_{ult}	$\frac{V_{ult}}{\phi V_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN)	(kN)					
WF500	702	249.3893	0.355	Lt 6	As 3 Join B-E'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF450	569.7	230.6741	0.404	Lt 9	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF396	392.7	170.7868	0.434	Lt 9	As D Join 1-2	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF298	232.65	65.6536	0.3	Lt 3	As 7 Join B-C	1.2D+1.6L	OK

5.6 Perhitungan Kapasitas Kolom *King-cross*

5.6.1 *King-cross* 588.300.12.20

Berikut adalah data-data *properties* K588.300.12.20 untuk perhitungan kapasitas kolom :

H	= 588 mm	I _x	= 127020 cm^4
B	= 300 mm	I _y	= 132585 cm^4
t _w	= 12 mm	r _x	= 181.6 mm
t _f	= 20 mm	r _y	= 181.6 mm
A	= 38500 mm^2	Z _x	= 4320.4 cm^3
Weight	= 302 Kg/m	Z _y	= 4419.5 cm^3

- Perhitungan Kapasitas Aksial Tekan Kolom

- a. Cek rasio tebal/lebar penampang

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7.5$$

$$\lambda = 0.56 \sqrt{E/f_y} = 15.84$$

$$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda \rightarrow \text{Pelat sayap tidak langsing}$$

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{588 - (2 \times 20)}{12} = 45.67$$

$$\lambda = 1.49 \sqrt{E/f_y} = 42.14$$

$$\therefore \frac{H - 2t_f}{t_w} > \lambda \rightarrow \text{Pelat badan langsing}$$

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal E7

- b. Menghitung faktor reduksi, Q

$$\text{Faktor reduksi, } Q = Q_{flange} \cdot Q_{web}$$

Perhitungan Q_{flange} :

$$Q_{flange} = 1$$

$\therefore Q_{flange} = 1$ karena pelat sayap tidak langsing

Perhitungan Q_{web} :

$$r_x = 181.6 \text{ mm}$$

$$K = 1 \text{ (SNI 1729:2015 lampiran 8.2.1)}$$

$$L = 4500 \text{ mm}$$

$$\frac{KL}{r_x} = 24.78$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 3214.67 \text{ Mpa}$$

$$\frac{KL}{r_x} \leq 4.71 \sqrt{E/f_y} = 133.219, \text{ maka tegangan kritis}$$

dihitung dengan rumus:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{F_e}\right) \cdot f_y = 241.99 \text{ Mpa}$$

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f_{cr}}} \left[1 - \frac{0.34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f_{cr}}}\right] = 520.6 \text{ mm}$$

$$A_e = b_e \cdot t_{web} = 6247.092 \text{ mm}^2$$

$$Q_{web} = \frac{A_e}{h \cdot t_w} = 0.95 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$\therefore Q = Q_{flange} \cdot Q_{web} = 0.95$$

c. Menghitung Kapasitas Aksial Penampang

$$\frac{KL}{r_x} \leq 4.71 \sqrt{E/Q \cdot f_y} = 136.68, \text{ maka tegangan kritis}$$

dihitung dengan rumus:

$$F_{cr} = Q \left(0.658 \frac{Q \cdot f_y}{F_e}\right) \cdot f_y = 230.26 \text{ Mpa}$$

$$\therefore \phi P_n = \phi f_{cr} A_g = 7978.663 \text{ Mpa}$$

• Perhitungan Kapasitas Lentur Kolom

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

Pelat sayap :

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7.5$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10.96$$

$$\therefore \frac{B}{2t_f} \leq \lambda_p \rightarrow \text{Pelat sayap kompak}$$

Pelat badan :

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{588 - (2 \times 20)}{12} = 45.67$$

$$\lambda_r = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 108.54$$

$$\therefore \frac{H - 2t_f}{t_w} \leq \lambda_r \rightarrow \text{Pelat badan kompak}$$

Maka kapasitas di cek sesuai SNI 1729:2015 pasal F2

b. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 1080.1 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 972.09 \text{ kN.m}$$

c. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

Tinggi kolom, $L_b = 4500 \text{ mm}$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 9040.106 \text{ mm}$$

$\therefore L_b \geq L_p \rightarrow$ Tidak terjadi tekuk torsi-lateral dan kondisi pelelehan masih menentukan

- Perhitungan Pembesaran Momen Kolom K588 (efek P- Δ)

a. Efek p- δ (B_1 , akibat beban gravitasi)

$$M_1 = 290.105 \text{ kN.m (output ETABS)}$$

$$M_2 = 310.281 \text{ kN.m (output ETABS)}$$

$$E_{\text{steel}} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$I_x = I_y = 3369606000 \text{ mm}^4$$

$$L = 4500 \text{ mm}$$

$$P_{\text{ult}} = 5611.012 \text{ kN (output ETABS)}$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 0.2261$$

$$P_{\text{cr}} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = 328461.02 \text{ kN}$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{P_{\text{ult}}}{P_{\text{cr}}}} = 0.23 < 1$$

\therefore Pakai $B_1 = 1$

b. Efek p- Δ (B_2 , akibat beban dinamis)

$$R_m = 1 \text{ (Sistem rangka berbreis)}$$

$$\text{Simpangan lantai maksimum, } \delta_{h \text{ max}} = 9.3 \text{ mm}$$

$$\text{Drift antar tingkat, } \Delta_H = \delta_{h \text{ max}} / L = 0.0020$$

$$\text{Gaya geser tingkat maksimum, } H = 2050.13 \text{ kN}$$

$$P_{\text{story}} = 1053197.6 \text{ kN}$$

$$P_{e \text{ story}} = R_m \frac{HL}{\Delta_h} = 4464464299924.72 \text{ N}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{P_{\text{story}}}{P_{e \text{ story}}}} = 1.00047 > 1$$

\therefore Pakai $B_1 = 1.0005$

- Perhitungan Kapasitas Geser Kolom

a. Cek rasio tebal/lebar *web*

$$\frac{H - 2t_f}{t_w} = \frac{588 - (2 \times 20)}{12} = 45.67$$

$$\lambda = 2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 63.36$$

$\therefore \frac{H-2t_f}{t_w} \leq \lambda \rightarrow$ Cek kapasitas geser berdasarkan SNI 1729:2015 pasal G2.1

b. Kapasitas geser penampang (Pasal G2.1a)

$$\phi = 1$$

$$C_v = 1$$

$$d = H - (2 \cdot t_f) = 548 \text{ mm}$$

$$A_w = d \cdot t_w = 6576 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_n = \phi 0.6 f_y A_w C_v = 986.4 \text{ kN}$$

5.6.2 Rekapitulasi Kapasitas Kolom *King-Cross*

Tabel 5. 10 Rekapitulasi kapasitas kolom *King-Cross*

Nama Penampang	$\emptyset M_n$	M_{ux}	$\frac{M_{ux}}{\emptyset M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
K588	972.09	312.86	0.322	Lt 2	As 6 Join C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K600	599.11	259.96	0.433	Lt 6	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K500	449.5	234.82	0.522	Lt 8	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K350	187.13	151.63	0.81	Lt 2	As 1' Join B'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	M_{uy}	$\frac{M_{uy}}{\emptyset M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
K588	972.09	152.35	0.15	Lt 1	As 2 Join D	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K600	599.11	70.19	0.12	Lt 6	As 5 Join D	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K500	449.5	68.15	0.15	Lt 10	As 1 Join C	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K350	187.13	91.28	0.49	Lt 2	As 1' Join A'	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	$\emptyset P_n$	P_{ult}	$\frac{P_{ult}}{\emptyset P_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN)	(kN)					
K588	7978.66	1240	1.55	Lt 1	As 6 Join B	1.2D+1Ey+1Ez+1L	O/S
K600	5126.05	7975.62	1.55	Lt 4	As 6 Join C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
K500	4645.15	3828.21	0.82	Lt 7	As 6 Join C	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K350	2478.5	693.25	0.28	Lt 1	As 1' Join E	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	$\emptyset V_n$	V_{ult}	$\frac{V_{ult}}{\emptyset V_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN)	(kN)					
K588	986.4	153.64	0.155	Lt 2	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K600	933.9	142.46	0.152	Lt 6	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K500	702	113.4	0.162	Lt 8	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K350	344.4	72.3	0.21	Lt 2	As 1' Join B'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK

Tabel 5. 11 Rekapitulasi rasio kombinasi aksial dan lentur kolom
King-Cross

Nama Penampang	Rasio	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
K588	1.804	Lt 1	As 6 Join B	1.2D+1Ey+1Ez+1L	O/S
K600	1.96	Lt 4	As 6 Join C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S
K500	1.3074	Lt 7	As 6 Join C	1.2D+1Ey+1Ez+1L	O/S
K350	1.252	Lt 2	As 1' Join B'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	O/S

Tabel 5. 12 Rekapitulasi defleksi lateral (*drift*) kolom *King-Cross*

Nama Penampang	<i>Drift X</i>	δ_{izin} (H/600)	Kombinasi	Cek
		(mm)		
K588	0.00105	0.0075	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K600	0.000982	0.0063	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K500	0.001192	0.0063	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K350	0.000695	0.0063	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	<i>Drift Y</i>	δ_{izin} (H/600)	Kombinasi	Cek
		(mm)		
K588	0.001336	0.0075	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K600	0.001338	0.0063	0.9D+Ey-Ez	OK
K500	0.001149	0.0063	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K350	0.001183	0.0063	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK

5.7 Perhitungan Kapasitas *Bracing*

5.7.1 Pipa 10” , L=4.5m

Berikut adalah data-data *properties* Pipa 10” , L=4.5m untuk perhitungan kapasitas *bracing* :

$$\begin{aligned}
 \text{OD} &= 254 \text{ mm} \\
 t &= 6.6 \text{ mm} \\
 A &= 5130 \text{ mm}^2 \\
 I_x=I_y &= 3927.5 \text{ cm}^4 \\
 r_x=r_y &= 875 \text{ mm} \\
 Z_x=Z_y &= 404.1 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Kapasitas Tekan Pipa 10”

a. Cek rasio tebal/lebar penampang

$$\frac{D}{t} = \frac{254}{6.6} = 38.5$$

$$\lambda = 0.11 \frac{E}{f_y} = 91.67$$

$$\therefore \frac{D}{t} \leq \lambda \rightarrow \text{Penampang tidak langsing}$$

Maka kapasitas dihitung sesuai SNI 1729:2015 pasal E3

b. Kapasitas Tekan Penampang

$$L = 4500 \text{ mm}$$

$$K = 1$$

$$\frac{KL}{r} = 5.14 < 200 \text{ (OK)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 74631.27 \text{ Mpa}$$

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 133.219, \text{ maka tegangan kritis}$$

dihitung dengan rumus:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{E} \right) \cdot f_y = 249.65 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0.9$$

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g = 1152.633 \text{ kN}$$

- Perhitungan Kapasitas Tarik Pipa 10"

a. Kondisi leleh tarik

$$A_g = 5130 \text{ mm}^2$$

$$\phi = 0.9$$

$$\phi P_n = \phi F_y A_g = 1154.25 \text{ kN}$$

b. Kondisi fraktur tarik

$$A_n = A_g = 5130 \text{ mm}^2 \text{ (Penampang utuh)}$$

$$\text{Faktor shear lag, } U = 1$$

$$\text{Luas efektif, } A_e = U \cdot A_n = 5130 \text{ mm}^2$$

$$\phi \text{ keruntuhan fraktur} = 0.75$$

$$\phi P_n = \phi f_u A_e = 1539 \text{ kN}$$

5.7.2 Rekapitulasi Kapasitas *Bracing*

Tabel 5. 13 Rekapitulasi kapasitas *bracing*

Nama Penampang	ϕP_{nc}	ϕP_{nt}	P_{uc}	P_{ut}	Kombinasi	CEK
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
Pipa 10", L=4.5m	1152.633	1154.25	405.97	307.70	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
Pipa 10", L=3.2m	1153.43	1154.25	360.34	267.65	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK

5.8 Perhitungan Kapasitas Sambungan Balok-Kolom

5.8.1 Kapasitas Momen Sambungan *End-Plate* Balok B2 (WF500)

Data-data untuk evaluasi sambungan *end-plate* adalah sebagai berikut :

$$f_{y\text{plat}} = 250 \text{ Mpa}$$

$$f_u \text{ plat} = 400 \text{ Mpa}$$

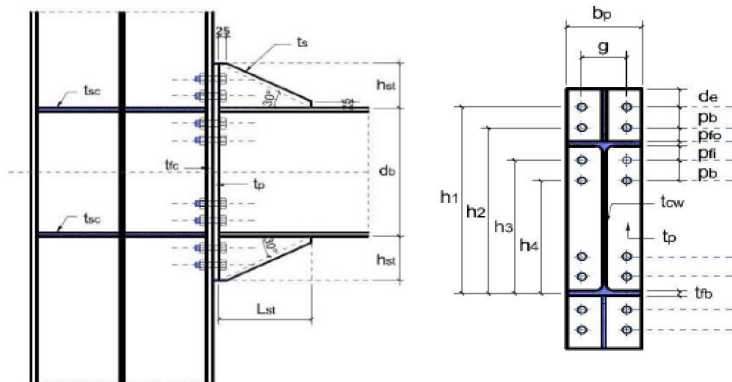
Tebal pelat penyambung, $t_p = 20 \text{ mm}$

$$\phi_{\text{baut}} \text{ A325} = 22 \text{ mm}$$

Kuat tarik baut, $f_{nt} = 620 \text{ Mpa}$

Kuat geser baut, $f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$

Sedangkan konfigurasi baut adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 5 Konfigurasi *Extended End-Plate* delapan baut + pengaku

Keterangan :

$$h_1 = 558 \text{ mm}$$

$$h_2 = 488 \text{ mm}$$

$$h_3 = 384 \text{ mm}$$

$$h_4 = 314 \text{ mm}$$

$$L_{st} = 303.11 \text{ mm}$$

$$h_{st} = 175 \text{ mm}$$

$$g = 130 \text{ mm}$$

$$p_{fi} = 45 \text{ mm}$$

$$p_{fo} = 45 \text{ mm}$$

$$p_b = 70 \text{ mm}$$

$$d_e = 60 \text{ mm}$$

$$b_p = 200 \text{ mm}$$

$$s = 0.5 \sqrt{b_p \cdot g} = 80.62 \text{ mm}$$

- Kapasitas *end-plate*

- a. Perhitungan parameter kuat batas pelat berdasarkan pola garis leleh, Y_p (SNI 7972:2013 tabel 6.4)

$$X_o = \frac{2}{g} \left[h_1 \left(d_e + \frac{3p_b}{4} \right) + h_2 \left(p_{fo} + \frac{p_b}{4} \right) + h_3 \left(p_{fi} + \frac{3p_b}{4} \right) + h_4 \left(s + \frac{p_b}{4} \right) \right] + g = 2638.63$$

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right] + X_o$$

$$Y_p = 5754.85$$

b. Kapasitas momen *end-plate*

$$\emptyset = 0.9 \text{ (Lentur)}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset f_y t_p^2 Y_p = 515.9 \text{ kN.m}$$

• Kapasitas momen baut

a. Gaya tarik satu baut

$$A_{baut} = 0.25\pi\phi^2 = 380.13 \text{ mm}^2$$

$$P_{1 \text{ baut}} = f_{nt} A_b = 235.68 \text{ kN}$$

b. Kapasitas momen baut

$$\emptyset = 0.75 \text{ (Keruntuhan fraktur baut)}$$

$$\emptyset M_{np} = \emptyset \times 2 P_t (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

$$\emptyset M_{np} = 616.5 \text{ kN.m}$$

∴ Kapasitas leleh *end-plate* menentukan

5.8.2 Kapasitas Geser Sambungan *End-Plate* Balok B2 (WF500)

• Kapasitas runtuh geser baut

a. Gaya geser satu baut

$$A_{baut} = 0.25\pi\phi^2 = 380.13 \text{ mm}^2$$

$$P_{1 \text{ baut}} = f_{nv} A_b = 127.3 \text{ kN}$$

b. Kapasitas geser baut total

$$n_{baut} = 8 \text{ buah}$$

$$\emptyset = 0.9 \text{ (SNI7972:2013 pasal 2.4.1)}$$

$$\emptyset R_n = \emptyset (n_b) f_{nv} A_b = 1018.15 \text{ kN}$$

• Kapasitas tumpu baut

a. Kuat tumpu bagian sayap kolom

$$t_{flange} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah baut dalam, } n_i = 4$$

$$\text{Jumlah baut luar, } n_o = 4$$

Jarak vertikal baut, $p_b = 70 \text{ mm}$

Jarak baut ke tepi, $d_e = 60 \text{ mm}$

Jarak bersih dalam, $L_{c \text{ in}} = p_b - \phi = 48 \text{ mm}$

Jarak bersih luar, $L_{c \text{ out}} = p_b - \frac{1}{2}\phi = 49 \text{ mm}$

$$r_{ni} = 1.2L_{c \text{ in}}t_f f_u < 2.4d_b t_f f_u = 298.4 \text{ kN} > 273.5 \text{ kN}$$

$$r_{no} = 1.2L_{c \text{ out}}t_f f_u < 2.4d_b t_f f_u = 304.6 \text{ kN} > 273.5 \text{ kN}$$

$$\therefore r_{ni} = r_{no} = 273.5 \text{ kN}$$

$$\emptyset R_n = \emptyset (n_i)r_{ni} + \emptyset (n_o)r_{no} = 1969.23 \text{ kN}$$

b. Kuat tumpu bagian *end-plate*

$t_p = 20 \text{ mm}$

Jumlah baut dalam, $n_i = 4$

Jumlah baut luar, $n_o = 4$

Jarak vertikal baut, $p_b = 70 \text{ mm}$

Jarak baut ke tepi, $d_e = 60 \text{ mm}$

Jarak bersih dalam, $L_{c \text{ in}} = p_b - \phi = 48 \text{ mm}$

Jarak bersih luar, $L_{c \text{ out}} = p_b - \frac{1}{2}\phi = 49 \text{ mm}$

$$r_{ni} = 1.2L_{c \text{ in}}t_p f_u < 2.4d_b t_p f_u = 426.24 \text{ kN} > 390.7 \text{ kN}$$

$$r_{no} = 1.2L_{c \text{ out}}t_p f_u < 2.4d_b t_p f_u = 435.12 \text{ kN} > 390.7 \text{ kN}$$

$$\therefore r_{ni} = r_{no} = 390.7 \text{ kN}$$

$$\emptyset R_n = \emptyset (n_i)r_{ni} + \emptyset (n_o)r_{no} = 2813.2 \text{ kN}$$

5.8.3 Rekapitulasi Kapasitas Sambungan *End-Plate* Balok-Kolom

Tabel 5. 14 Rekapitulasi kapasitas lentur sambungan *end-plate* balok-kolom

Nama Sambungan	ϕM_n <i>end-plate</i>	ϕM_n baut	M_{ult}	Frame	CEK <i>End-Plate</i>	CEK Baut
	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)			
<i>End-plate</i> B1 (WF500)	571.9	684.4	759	As 3 Join B-E'	O/S	O/S
<i>End-plate</i> B2 (WF450)	515.9	616.5	625.5	As 4 Join B-E'	O/S	O/S
<i>End-plate</i> B3 (WF396)	456.4	544.4	269.9347	As 1' Join E-F	OK	OK
<i>End-plate</i> BA-1 (WF298)	343.8	216.9	163.8998	As 7 Join B-C	OK	OK

Tabel 5. 15 Rekapitulasi kapasitas geser sambungan *end-plate* balok-kolom

Nama Sambungan	ϕR_n geser baut	ϕR_n tumpu <i>end-plate</i>	ϕR_n tumpu <i>flange</i>	V_{ult}	Frame	CEK
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)		
<i>End-plate</i> B1 (WF500)	1018.15	2813.2	2250.55	249.4	As 3 Join B-E'	OK
<i>End-plate</i> B2 (WF450)	1018.15	2813.2	1969.23	230.7	As 4 Join C-D	OK
<i>End-plate</i> B3 (WF396)	1018.15	2813.2	1547.25	170.8	As D Join 1-2	OK
<i>End-plate</i> BA-1 (WF298)	538.52	2211.84	1050.62	65.7	As 7 Join B-C	OK

5.9 Perhitungan Kapasitas Sambungan *Bracing*

5.9.1 Kapasitas Sambungan *Bracing* Bentang 9m

Data-data untuk evaluasi sambungan *bracing* adalah sebagai berikut :

$$f_y \text{ plat} = 250 \text{ Mpa}$$

$$f_u \text{ plat} = 400 \text{ Mpa}$$

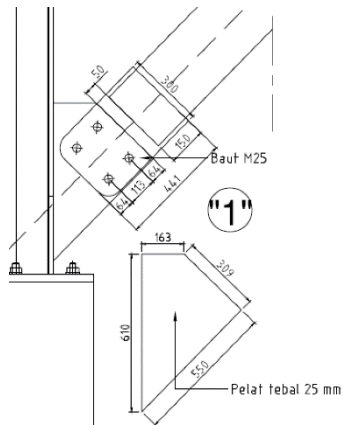
$$\text{Tebal pelat penyambung, } t_p = 25 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{baut}} \text{ A325} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat geser baut, } f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$$

$$\text{Jarak baut } As \text{ to } As = 113 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut ke tepi} = 64 \text{ mm}$$



Gambar 5. 6 Konfigurasi sambungan *bracing*

- Kapasitas runtuh geser baut

a. Gaya geser satu baut

$$A_{baut} = 0.25\pi\phi^2 = 490.87 \text{ mm}^2$$

$$P_{1 \text{ baut}} = f_{nv}A_b = 136.95 \text{ kN}$$

b. Kapasitas geser baut total

$$n_{baut} = 4 \text{ buah}$$

$$\phi = 0.75 \text{ (SNI1729:2015 pasal J3.6)}$$

$$\phi R_n = \phi (n_b) f_{nv} A_b = 547.81 \text{ kN}$$

- Kapasitas tumpu baut

$$t_p = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih dalam, } L_{c \text{ in}} = 113 - \phi = 88 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak bersih luar, } L_{c \text{ out}} = 64 - \frac{1}{2}\phi = 51.5 \text{ mm}$$

$$r_{ni} = 1.2L_{c \text{ in}} t_p f_u < 2.4d_b t_p f_u = 618 \text{ kN} > 600 \text{ kN}$$

$$r_{no} = 1.2L_{c \text{ out}} t_p f_u < 2.4d_b t_p f_u = 1056 \text{ kN} > 600 \text{ kN}$$

$$\therefore r_{ni} = r_{no} = 600 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 2(\phi R_{ni} + \phi R_{no}) = 1800 \text{ kN}$$

- Kapasitas geser blok

$$A_{nv} = A_{gv} - 1.5\phi_b t_p = 3487.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (64 - 0.5\phi_b) \times t_p = 1287.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{gv} = (64 + 113) \times t_p = 4425 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 0.5 \text{ (Asumsi gaya tarik tidak merata)}$$

$$R_n \text{ fraktur} = 0.6.f_u.A_{nv} + U_{bs}.f_u.A_{nt} = 1094.5 \text{ kN}$$

$$R_n \text{ leleh} = 0.6.f_y.A_{gv} + U_{bs}.f_u.A_{nt} = 921.5 \text{ kN}$$

∴ Kondisi leleh menentukan

$$\phi R_n = 2\phi R_n \text{ leleh} = 1381.875 \text{ kN}$$

5.9.2 Rekapitulasi Kapasitas Sambungan *Bracing*

Tabel 5. 16 Rekapitulasi kapasitas sambungan *bracing*

Nama Sambungan	ϕR_n geser baut	ϕR_n tumpu baut	ϕR_n geser blok	V_{ult}	CEK
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
Sambungan <i>bracing</i> bentang 9m	547.81	1800	1381.875	413.0649	OK
Sambungan <i>bracing</i> bentang 6m	547.81	1800	1381.875		OK

BAB VI PERHITUNGAN PERKUATAN STRUKTUR

6.1 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Atap

6.1.1 Perkuatan Struktur Balok WF396, L=9m

- *Preliminary* profil perkuatan

$$\phi = 0.9$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$M_{ult} = 240.15 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 227.25 \text{ kN.m}$$

$$\Delta M_{ult} = M_{ult} - \phi M_n = 12.9 \text{ kN.m}$$

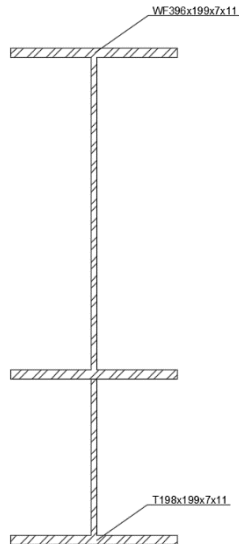
$$\Delta M_n = \frac{\Delta M_{ult} \times 1000000}{\phi} = 14333333 \text{ N.mm}$$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{\Delta M_n}{f_y} = 57333.33 \text{ mm}^3 = 57.333 \text{ cm}^3$$

∴ perkuat dengan profil T198x199, $Z_x = 78.3 \text{ cm}^3$

- Profil modifikasi

H	= 594 mm	I _x	= 51481.4 cm ⁴
B	= 199 mm	I _y	= 2170.9 cm ⁴
tw	= 7 mm	r _y	= 44.8 mm
tf	= 11 mm	Z _x	= 1978.9 cm ³
J	= 412000 mm ⁴	Z _y	= 336 cm ³



Gambar 6. 1 Profil WF396 modifikasi

- Perhitungan kapasitas profil perkuatan
 - a. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 494.725 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 445.25 \text{ kN.m}$$

- b. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

Jarak antar balok anak, $L_b = 2250 \text{ mm}$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2230.2 \text{ mm}$$

$$I_y = 21709000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 1628600 \text{ mm}^3$$

$$J = 412000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$$c = 1 \text{ (Profil I simetris ganda)}$$

$$h_o = H - t_f = 583 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 62.335$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7f_y}{E}\right)^2}} = 7284 \text{ mm}$$

$$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

$$C_b = 1.649 \text{ (Output ETABS)}$$

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 732 \text{ kN.m}$$

$$\therefore \phi M_n \geq \phi M_p \rightarrow \text{Kondisi pelelehan masih menentukan}$$

c. Sambungan antara profil WF396 dengan T198

Sambungan las sudut merupakan sambungan alternatif untuk menyambungkan profil WF396 dengan T198. Untuk sambungan sekuat profil, maka cukup disediakan tinggi las sudut minimal 75% tebal pelat (Blodgett, 1976):

tinggi las sudut, $a = 0.75 \times t_f$ WF396 $\approx 9\text{mm}$

a minimum = 5mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

a maksimum = $t_f - 2\text{mm} = 9\text{mm}$

Kekuatan las sudut dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2.4 sebagai berikut :

Direncanakan dengan mutu las E-70xx, $f_u = 490\text{Mpa}$

Panjang las = Panjang As – H kolom = 8500mm

Luas penampang las, $A_{we} = \text{Panjang las} \times 0.707a$

$$= 76500\text{mm}^2$$

$$\phi = 0.75$$

$$f_{nw} = 0.6 \times f_{exx} = 294\text{Mpa}$$

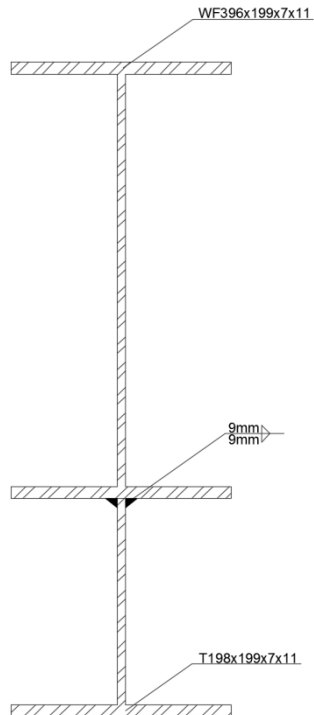
$$\text{kuat geser, } \phi R_n = \phi \times f_{nw} \times A_{we} = 16868.25 \text{ kN}$$

Hasil akhir perkuatan dapat dilihat pada gambar 6.2 dibawah.

6.1.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Atap

Tabel 6. 1 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok atap

Nama Penampang	ϕM_n	M_{ult}	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
WF396, L=9m	445.25	240.15	0.539	Roof	As B Join 5-6	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK



Gambar 6. 2 Profil WF396 modifikasi akhir

6.2 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 8 – Lantai 10

6.2.1 Perkuatan Struktur Balok WF500, L=13m

- *Preliminary* profil perkuatan

$$\emptyset = 0.9$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$M_{ult} = 549.95 \text{ kN.m}$$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{M_{ult}}{\phi f_y} = 2444.22 \text{ cm}^3$$

∴ perkuat dengan profil T198x199

• Profil modifikasi

H	= 698 mm	I _x	= 94443.3 cm ⁴
B	= 199 mm	I _y	= 2864.7 cm ⁴
tw	= 7 mm	r _y	= 43.6 mm
tf	= 11 mm	Z _x	= 3320 cm ³
J	= 1010000 mm ⁴	Z _y	= 447.1 cm ³

• Perhitungan kapasitas profil perkuatan

- a. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 830 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 747 \text{ kN.m}$$

- b. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

$$\text{Jarak antar balok anak, } L_b = 3000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2170.4 \text{ mm}$$

$$I_y = 28647000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 2694800 \text{ mm}^3$$

$$J = 1010000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$$c = 1 \text{ (Profil I simetris ganda)}$$

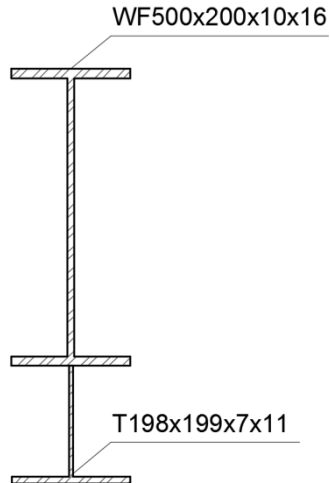
$$h_o = H - t_f = 684.5 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 60.32$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} = 7284 \text{ mm}$$

$$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

$$C_b = 1.034 \text{ (Output ETABS)}$$



Gambar 6. 3 Profil WF500, L=13m modifikasi

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 717.63 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n < \phi M_p \rightarrow$ Kondisi LTB menentukan

c. Sambungan antara profil WF500 dengan T198

Untuk sambungan sekuat profil, maka cukup disediakan tinggi las sudut minimal 75% tebal pelat (Blodgett, 1976):

tinggi las sudut, $a = 0.75 \times t_f \text{ WF500} \approx 12\text{mm}$

a minimum = 6mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

a maksimum = $t_f - 2\text{mm} = 14\text{mm}$

Kekuatan las sudut dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2.4 sebagai berikut :

Direncanakan dengan mutu las E-70xx, $f_u = 490\text{Mpa}$

Panjang las = Panjang As – H kolom = 12500mm

Luas penampang las, $A_{we} = \text{Panjang las} \times 0.707a$
 $= 150000\text{mm}^2$

$\phi = 0.75$

$f_{nw} = 0.6 \times f_{exx} = 294\text{Mpa}$

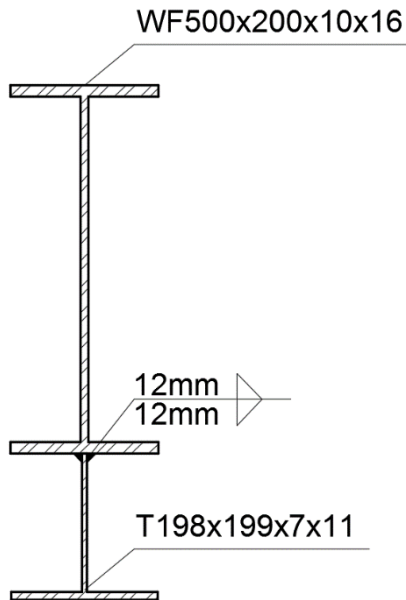
kuat geser, $\phi R_n = \phi \times f_{nw} \times A_{we} = 33075 \text{ kN}$

Hasil akhir perkuatan dapat dilihat pada gambar 6.4 dibawah.

6.2.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 8 – Lantai 10

Tabel 6. 2 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 8 – lantai 10

Nama Penampang	ϕM_n	M_{ult}	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
WF450, L=9m	573.6	398.8	0.69	Lt 9	As 4 Join C-D	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF450 Kant, L=4.75m	823.61	625.5	0.76	Lt 9	As 4 Join B-E'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500, L=13m	717.63	549.95	0.766	Lt 9	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	OK



Gambar 6. 4 Profil WF500 L=13m modifikasi akhir

6.3 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 4 – Lantai 7

6.3.1 Perkuatan Struktur Balok WF500 kantilever

- Preliminary profil perkuatan :

$$\phi = 0.9$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$M_{ult} = 759 \text{ kN.m}$$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{1.02M_{ult}}{\phi f_y} = 3440.8 \text{ cm}^3$$

∴ perkuat dengan profil H200x200

- Profil modifikasi

H	= 700 mm	I _x	= 102703.8 cm ⁴
B	= 200 mm	I _y	= 3742.6 cm ⁴
tw	= 8 mm	r _y	= 45.9 mm
tf	= 12 mm	Z _x	= 3463.1 cm ³
J	= 2344000 mm ⁴	Z _y	= 579 cm ³

- Perhitungan kapasitas profil perkuatan

- a. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x = 865.77 \text{ kN.m}$$

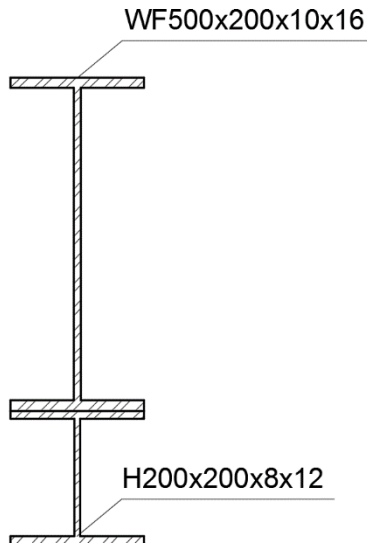
$$\phi M_n = 779.2 \text{ kN.m}$$

b. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

Jarak antar balok anak, $L_b = 2125 \text{ mm}$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2170.4 \text{ mm}$$

$\therefore L_b < L_p$, Kondisi Tekuk Torsi-Lateral tidak perlu diperhitungkan



Gambar 6. 5 Profil WF500 kantilever modifikasi

c. Sambungan antara profil WF500 dengan T198

Direncanakan menggunakan sambungan baut dengan mutu baut A-325 :

Tegangan geser baut, $f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$

Gaya yang bekerja pada sayap, P_{ult} , dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$P_{ult} = \frac{M_{ult}}{H_{WF500}} = 1558.4 \text{ kN}$$

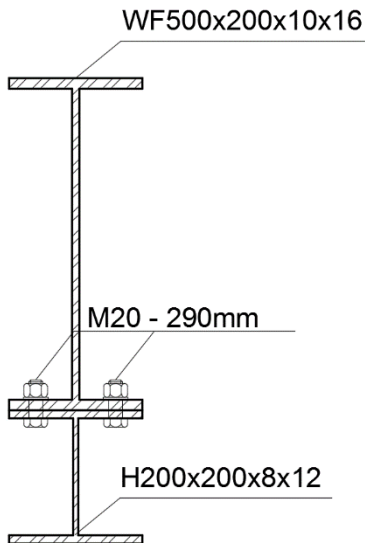
Diameter baut rencana M20, $\phi_b = 22 \text{ mm}$

Diameter baut imajiner = $\phi_b + 2\text{mm} = 24 \text{ mm}$

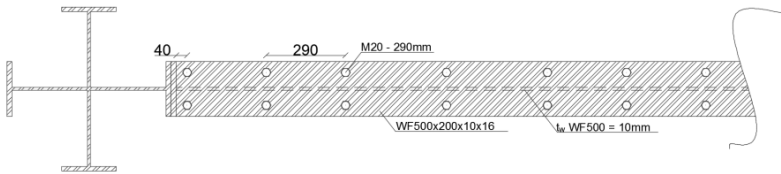
$$A_{baut} = 0.25\pi\phi^2 = 452.4 \text{ mm}^2$$

Kuat geser baut, $\phi R_n = \phi f_{nv} \times A_{baut} = 126.21 \text{ kN}$

Jumlah baut, $n = \frac{P_{ult}}{\phi R_n} \approx 14 \text{ buah}$



Gambar 6. 6 Profil WF500 kantilever modifikasi akhir



Gambar 6. 7 Konfigurasi sambungan perkuatan WF500 kantilever

Cek apakah kuat tumpu sambungan kuat menahan P_{ult} :

Jarak baut ke tepi, $S_1 = 1.5 \times \phi_{b \text{ imajiner}} \approx 40\text{mm}$

Jarak As-As baut, $S_2 = 3 \times \phi_{b \text{ imajiner}} \approx 290\text{mm}$

Jarak bersih baut ke tepi, $L_{c1} = S_1 - \frac{\phi_{\text{baut imj}}}{2} = 28\text{mm}$

Jarak bersih antar baut, $L_{c2} = S_2 - \phi_{b \text{ imajiner}} = 266\text{mm}$

Tebal plat paling tipis = $t_f \text{ H200x200} = 12\text{mm}$

Baut tepi, $R_{n1} = 1.2L_{c1}t_fF_u \leq 2.4 \phi_{b \text{ imajiner}} t_fF_u$

$$= 161.28 \text{ kN} < 276.48 \text{ kN}$$

Baut As-As, $R_{n2} = 1.2L_{c2}t_fF_u \leq 2.4 \phi_{b \text{ imajiner}} t_fF_u$

$$= 1532 \text{ kN} > 276.48 \text{ kN}$$

Kuat tumpu, $\phi R_n = 2.(\phi R_{n1} + (6.\phi R_{n2})) = 2730.24 \text{ kN}$

$\therefore \phi R_n > P_{ult} = 1558.4 \text{ kN} \rightarrow$ Lubang baut aman terhadap beban P_{ult}

6.3.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 4 – Lantai 7

Tabel 6. 3 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 4 – lantai 7

Nama Penampang	ϕM_n	M_{ult}	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
WF500 Kant, L=4.75m	779.2	759	0.974	Lt 6	As 3 Join B-E'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500, L=13m	847.32	544.85	0.643	Lt 5	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	OK

6.4 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Balok Lantai 2 – Lantai 3

6.4.1 Perkuatan Struktur Balok WF298 L=13m

- Preliminary profil perkuatan :

$$\phi = 0.9$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$M_{ult} = 163.9 \text{ kN.m}$$

$$Z_x \text{ perlu} = \frac{1.25M_{ult}}{\phi f_y} = 910.55 \text{ cm}^3$$

∴ perkuat dengan profil T175x175

- Profil modifikasi

H	= 473 mm	I _x	= 21770.1 cm ⁴
B	= 149 mm	I _y	= 934.2 cm ⁴
tw	= 5.5 mm	r _y	= 35.9 mm
tf	= 11 mm	Z _x	= 1041.9 cm ³
J	= 204000 mm ⁴	Z _y	= 178.6 cm ³

- a. Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1)

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z_x = 260.5 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 234.43 \text{ kN.m}$$

- b. Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2)

$$\text{Jarak antar balok anak, } L_b = 3000 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1787.13 \text{ mm}$$

$$I_y = 9342000 \text{ mm}^4$$

$$S_x = 794700 \text{ mm}^3$$

$$J = 204000 \text{ mm}^4 \text{ (Output ETABS)}$$

$$c = 1 \text{ (Profil I simetris ganda)}$$

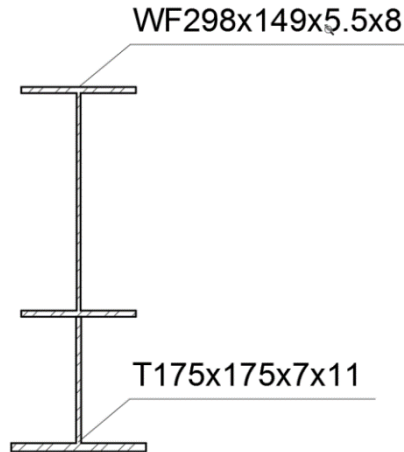
$$h_o = H - t_f = 463.5 \text{ mm}$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{2S_x}} = 51.2$$

$$L_r = 1.95r_{ts} \frac{E}{0.7f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7f_y}{E}\right)^2}} = 6258.9 \text{ mm}$$

$$\therefore L_p < L_b \leq L_r \rightarrow \text{Bentang menengah}$$

$C_b = 1.046$ (Output ETABS)



Gambar 6. 8 Profil WF298 L=13m modifikasi

$$\phi M_n = \phi C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] = 214.21 \text{ kN.m}$$

$\therefore \phi M_n < \phi M_p \rightarrow$ Kondisi LTB menentukan

c. Sambungan antara profil WF500 dengan T198

Untuk sambungan sekuat profil, maka cukup disediakan tinggi las sudut minimal 75% tebal pelat (Blodgett, 1976):

tinggi las sudut, $a = 0.75 \times t_f \text{ WF298} \approx 6 \text{ mm}$

a minimum = 5 mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

a maksimum = $t_f - 2 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$

Kekuatan las sudut dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2.4 sebagai berikut :

Direncanakan dengan mutu las E-70xx, $f_u = 490\text{Mpa}$

Panjang las = Panjang As – H kolom = 12650mm

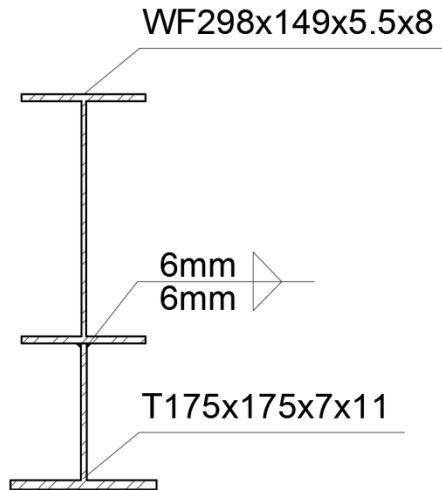
Luas penampang las, $A_{we} = \text{Panjang las} \times 0.707a$
 $= 53661.3 \text{ mm}^2$

$\phi = 0.75$

$f_{nw} = 0.6 \times f_{exx} = 294\text{Mpa}$

kuat geser, $\phi R_n = \phi \times f_{nw} \times A_{we} = 11832 \text{ kN}$

Hasil akhir perkuatan dapat dilihat pada gambar 6.9 berikut.



Gambar 6. 9 Profil WF298 L=13m modifikasi akhir

6.4.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Balok Lantai 2 – Lantai 3

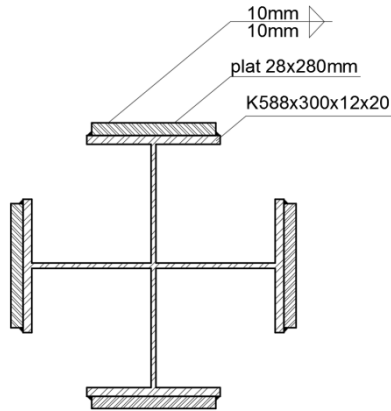
Tabel 6. 4 Rekapitulasi perhitungan perkuatan balok lantai 2 – lantai 3

Nama Penampang	ϕM_n	M_{ult}	$\frac{M_{ult}}{\phi M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
WF500 Kant,L=4.75m	879.23	545.4	0.62	Lt 3	As 4 Join F'-C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF500,L=13m	840.8	550.88	0.65	Lt 3	As 5 Join B-C	1.2D+1.6L	OK
WF396	338.92	269.9347	0.79	Lt 2	As 1' Join E-F	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
WF298,L=13m	214.21	163.8998	0.76	Lt 2	As 7 Join B-C	1.2D+1.6L	OK

6.5 Perhitungan Kapasitas Perkuatan Kolom *King-Cross*

6.5.1 Perkuatan Struktur Kolom K588

- Profil Modifikasi



Gambar 6. 10 Profil *king-cross* K588 modifikasi

H	= 644 mm	I _y	= 286419.6 cm ⁴
B	= 300 mm	r _x	= 202.6 mm
tw	= 12 mm	r _y	= 202.6 mm
tf	= 20 mm	Z _x	= 11351.5 cm ³
I _x	= 286419.6 cm ⁴	Z _y	= 11351.5 cm ³

- Perhitungan Kapasitas Aksial Tekan Kolom

- Perhitungan kapasitas aksial penampang

Karena badan langsing, maka harus memperhitungkan faktor reduksi, Q , sesuai SNI 1729:2015 pasal E7:

$$\text{Faktor reduksi, } Q = Q_{flange} \cdot Q_{web}$$

Perhitungan Q_{flange} :

$$Q_{flange} = 1$$

$\therefore Q_{flange} = 1$ karena pelat sayap tidak langsing

Perhitungan Q_{web} :

$$r_x = 202.6 \text{ mm}$$

$$K = 1 \text{ (SNI 1729:2015 lampiran 8.2.1)}$$

$$L = 4500 \text{ mm}$$

$$\frac{KL}{r_x} = 22.211$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = 4001.139 \text{ Mpa}$$

$$\frac{KL}{r_x} \leq 4.71 \sqrt{E/f_y} = 133.219, \text{ maka tegangan kritis}$$

dihitung dengan rumus:

$$F_{cr} = \left(0.658 \frac{f_y}{F_e}\right) \cdot f_y = 243.54 \text{ Mpa}$$

$$b_e = 1.92t \sqrt{\frac{E}{f_{cr}}} \left[1 - \frac{0.34}{(b/t)} \sqrt{\frac{E}{f_{cr}}}\right] = 519.4 \text{ mm}$$

$$A_e = b_e \cdot t_{web} = 6232.56 \text{ mm}^2$$

$$Q_{web} = \frac{A_e}{h \cdot t_w} = 0.947 < 1 \text{ (Ok)}$$

$$\therefore Q = Q_{flange} \cdot Q_{web} = 0.947$$

Menghitung Kapasitas Aksial Penampang:

$$\frac{KL}{r_x} \leq 4.71 \sqrt{E/Q \cdot f_y} = 136.84, \text{ maka tegangan kritis}$$

dihitung dengan rumus:

$$F_{cr} = Q \left(0.658 \frac{Q_y f_y}{f_e} \right) \cdot f_y = 231.14 \text{ Mpa}$$

$$\therefore \phi P_n = \phi f_{cr} A_g = 14514.13 \text{ kN}$$

b. Perhitungan kapasitas lentur penampang

Kapasitas penampang berdasarkan kondisi Pelelehan (pasal F2.1) :

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = M_p = f_y \times Z_x = 2837.9 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 2554.1 \text{ kN.m}$$

Kapasitas penampang berdasarkan Tekuk Torsi-Lateral (pasal F2.2) :

$$\text{Tinggi kolom, } L_b = 4500 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 10085.49 \text{ mm}$$

$\therefore L_b < L_p \rightarrow$ Tidak terjadi tekuk torsi-lateral dan kondisi pelelehan masih menentukan

c. Sambungan antara profil K588 dengan plat 28x280mm

tinggi las sudut, $a = 0.5 \times t_f \text{ K588} \approx 10\text{mm}$

a minimum = 8mm (SNI 1729:2015 Tabel J2.4)

a maksimum = $t_f - 2\text{mm} = 18\text{mm}$

Kekuatan las sudut dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 pasal J2.4 sebagai berikut :

Direncanakan dengan mutu las E-70xx, $f_u = 490\text{Mpa}$

Panjang las = 4500mm

Luas penampang las, $A_{we} = \text{Panjang las} \times 0.707a$

$$= 40000 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset = 0.75$$

$$f_{nw} = 0.6 \times f_{exx} = 294\text{Mpa}$$

$$\text{kuat geser, } \emptyset R_n = \emptyset \times f_{nw} \times A_{we} = 8820 \text{ kN}$$

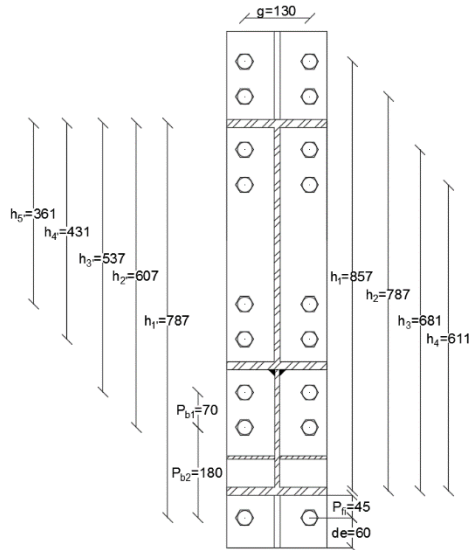
6.5.2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Kolom *King-Cross*

Tabel 6. 5 Rekapitulasi perhitungan perkuatan kolom *King-Cross*

Nama Penampang	$\emptyset M_n$	M_{ux}	$\frac{M_{ux}}{\emptyset M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
K588	2554.08	312.86	0.122	Lt 2	As 6 Join C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K600	1688.28	259.96	0.154	Lt 6	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K500	1251.88	234.82	0.187	Lt 8	As 6 Join C	1.2D+1.6L	OK
K350	466.06	151.63	0.325	Lt 2	As 1' Join B'	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	M_{uy}	$\frac{M_{uy}}{\emptyset M_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN.m)	(kN.m)					
K588	2554.08	152.35	0.06	Lt 1	As 2 Join D	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K600	1688.28	70.19	0.041	Lt 6	As 5 Join D	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K500	1251.88	68.15	0.054	Lt 10	As 1 Join C	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K350	466.06	91.28	0.195	Lt 2	As 1' Join A'	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
Nama Penampang	$\emptyset P_n$	P_{ult}	$\frac{P_{ult}}{\emptyset P_n}$	Lokasi	Frame	Kombinasi	Cek
	(kN)	(kN)					
K588	14514.13	12400	0.854	Lt 1	As 6 Join B	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K600	9534.955	7975.62	0.836	Lt 4	As 6 Join C	1.2D+1Ex+1Ez+1L	OK
K500	8664.56	3828.21	0.441	Lt 7	As 6 Join C	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK
K350	4398.79	693.25	0.157	Lt 1	As 1' Join E	1.2D+1Ey+1Ez+1L	OK

6.6 Perkuatan Sambungan

Untuk meningkatkan kapasitas momen *end-plate* dan kapasitas momen baut, maka ditambahkan baut seperti pada gambar 6.11 berikut.



Gambar 6. 11 Konfigurasi sambungan balok B2 modifikasi

Perhitungan kapasitas momen sambungan adalah sebagai berikut :

- Kapasitas leleh *end-plate*
 - a. Perhitungan parameter kuat batas pelat berdasarkan pola garis leleh, Y_p (SNI 7972:2013 tabel 6.4)
 - $h_1 = 857 \text{ mm}$
 - $h_2 = 787 \text{ mm}$
 - $h_3 = 681 \text{ mm}$
 - $h_4 = 611 \text{ mm}$
 - $g = 130 \text{ mm}$
 - $p_{fi} = p_{fo} = 45 \text{ mm}$

$$p_{b1} = 70 \text{ mm}$$

$$p_{b2} = 180 \text{ mm}$$

$$d_e = 60 \text{ mm}$$

$$b_p = 200 \text{ mm}$$

$$s = 0.5 \sqrt{b_p \cdot g} = 80.62 \text{ mm}$$

$$X_o = \frac{2}{g} \left[h_1 \left(d_e + \frac{3(p_{b1} + p_{b2})}{4} \right) + h_2 \left(p_{fo} + \frac{(p_{b1} + p_{b2})}{4} \right) + h_3 \left(p_{fi} + \frac{3(p_{b1} + p_{b2})}{4} \right) + h_4 \left(s + \frac{(p_{b1} + p_{b2})}{4} \right) \right] + g = 8346.006$$

$$Y_p = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{2d_e} \right) + h_2 \left(\frac{1}{p_{fo}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{p_{fi}} \right) + h_4 \left(\frac{1}{s} \right) \right] + X_o$$

$$Y_p = 13,210.2$$

b. Kapasitas momen *end-plate*

$$\emptyset = 0.9 \text{ (Lentur)}$$

$$\emptyset M_n = \emptyset f_y t_p^2 Y_p = 1188.9 \text{ kN.m}$$

$$\therefore \emptyset M_n > M_{ult} = 759 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

- Kapasitas sambungan momen baut baru

a. Gaya tarik satu baut

$$A_{baut} = 0.25\pi\phi^2 = 380.13 \text{ mm}^2$$

$$P_1 \text{ baut} = f_{nt} A_b = 235.68 \text{ kN}$$

b. Kapasitas momen baut bagian atas

$$\emptyset = 0.75 \text{ (Keruntuhan fraktur baut)}$$

$$\emptyset M_{np} = \emptyset \times 2P_t (h_1 + h_2 + h_3 + h_4)$$

$$\emptyset M_{np} = 1037.9 \text{ kN.m}$$

$$\therefore \emptyset M_{np} > M_{ult} = 759 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

c. Kapasitas momen baut bagian bawah

$$\emptyset = 0.75 \text{ (Keruntuhan fraktur baut)}$$

$$\emptyset M_{np} = \emptyset \times 2P_t (h'_1 + h'_2 + h'_3 + h'_4 + h'_5)$$

$$\emptyset M_{np} = 962.6 \text{ kN.m}$$

$$\therefore \emptyset M_{np} > M_{ult} = 759 \text{ kN.m} \rightarrow \text{OK}$$

Tabel 6. 6 Rekapitulasi perhitungan perkuatan sambungan balok-kolom

Nama Sambungan	ϕM_n end-plate	ϕM_n baut	M_{ult}	Frame	CEK End-Plate	CEK Baut
	(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)			
<i>End-plate B1 (WF500)</i>	1037.9	962.6	759	As 3 Join B-E'	OK	OK
<i>End-plate B2 (WF450)</i>	865.4	847.7	625.5	As 4 Join B-E'	OK	OK

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB VII

METODE PELAKSANAAN PERKUATAN STRUKTUR

Alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan perkuatan adalah *scaffolding*, *chain block* kapasitas 5 ton, tiang/box I, *jack* hidraulik, bor magnet tipe *rotary*, dan alat-alat las.



Gambar 7. 1 *Scaffolding* (solusikonstruksi.com)



Gambar 7. 2 *Chain Block* kapasitas 5 ton
(<http://www.tocolifting.co.za>)



Gambar 7. 3 Contoh *box I* (untuk *erection* (Dokumen pribadi)



Gambar 7. 4 *Jack* hidraulik (dokumen pribadi)



Gambar 7. 5 Bor magnet tipe *rotary* (Dokumen pribadi)



Gambar 7. 6 Alat-alat las (<https://id.carousell.com>)

7.1 Perkuatan Struktur Kolom dan Sambungan

Perkuatan struktur kolom dan sambungan dengan menambahkan pelat tambahan. Untuk kolom, pelat ditempelkan pada keempat sisi sayap kolom. Untuk sambungan, pelat ditempelkan persis dibawah *end-plate* eksisting. Berikut adalah langkah-langkah dalam perkuatan elemen kolom dan sambungan :

1. Persiapkan alat-alat seperti *scaffolding*, alat-alat las, dan bor magnet tipe *rotary*.
2. Lakukan pekerjaan perkuatan sambungan terlebih dahulu. *End-plate* perkuatan diletakkan persis dibawah

end-plate eksisting. Kemudian antara *end-plate* perkuatan dengan *end-plate* eksisting di las supaya menjadi satu kesatuan.

3. Setelah *end-plate* menyatu, kemudian *end-plate* dilubangi menggunakan bor magnet tipe *rotary* untuk penempatan sambungan. Kemudian *end-plate* perkuatan dengan sayap kolom disambung dengan baut.



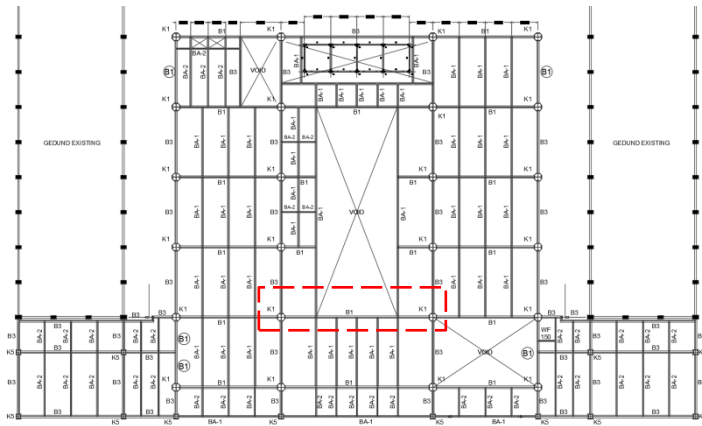
Gambar 7. 7 Pekerjaan perkuatan kolom dan sambungan

4. Setelah *end-plate* perkuatan tersambung dengan *end-plate* eksisting dan sayap kolom, pekerjaan selanjutnya adalah perkuatan pada kolom. Pelat perkuatan kolom di tempelkan persis dibawah sambungan balok-kolom. Anantara pelat perkuatan kolom dengan sayap kolom eksisting di sambung dengan menggunakan las seperti pada gambar 7.7

7.2 Perkuatan Struktur Balok

Perkuatan struktur balok dengan menambahkan profil baru yang diletakkan persis dibawah profil balok eksisting kemudian disambung dengan las atau baut. Adapun langkah-langkah pekerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Persiapkan alat-alat seperti *scaffolding*, alat-alat las, *jack* hidraulik, bor magnet tipe *rotary*, box I dan *chain block*. Pada langkah-langkah pekerjaan ini diberikan contoh pada perkuatan balok WF500 bentang 13m lantai 2



Gambar 7. 8 Lokasi balok perkuatan WF500 bentang 13 m lantai 2

2. Persiapkan profil perkuatan untuk tahap *erection*. Untuk proses *erection* digunakan alat box I dan *chain block* yang diletakkan diatas lantai yang akan diperkuat. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar 7.9 dan 7.10. Kemudian letakan *jack* hidraulik diatas *scaffolding* seperti pada gambar 7.9.



Gambar 7. 9 Pekerjaan persiapan *erection*.



Gambar 7. 10 persiapan proses *erection* dengan menggunakan *chain block*



Gambar 7. 11 Box I dan *Chain block*

3. Setelah tahap persiapan telah dilakukan semua, selanjutnya balok profil perkuatan di *erection* seperti pada gambar 7.12 dibawah.



Gambar 7. 12 Proses *erection* profil perkuatan.

Kemudian letakkan balok diatas *jack* hidraulik lalu lepaskan rantai *chain block* seperti pada gambar 7.13 dan gambar 7.14 dibawah ini. Kemudian *scaffolding* berisi balok perkuatan tersebut diletakkan pada posisi dibawah balok eksisting yang akan di perkuat seperti pada gambar 7.15 dibawah ini.



Gambar 7. 13 Ilustrasi peletakkan balok perkuat diatas *jack* hidraulik



Gambar 7. 14 Ilustrasi pelepasan rantai *chain block* dari profil perkuatan



Gambar 7. 15 Posisi balok perkuat dibawah balok eksisting yang akan diperkuat

4. Setelah profil sudah pada posisi dibawah balok eksisting, maka profil perkuatan di dongkrak menggunakan *jack* hidraulik hingga menempel pada profil eksisting seperti pada gambar 7.16 dibawah ini.



Gambar 7. 16 Ilustrasi pendongkrakan perkuatan pada profil eksisting

Setelah profil di dongkrak hingga menempel pada profil eksisting, antara profil perkuatan dengan profil eksisting di las supaya menjadi satu kesatuan seperti pada gambar 7.17 dibawah ini. Profil perkuatan juga dilas pada sambungan perkuatan yang sudah di las pada langkah sebelumnya.



Gambar 7. 17 Proses pengelasan profil perkuatan terhadap profil eksisting

5. Untuk perkuatan balok kantilever pada lantai 4-7 dan 8-10, cara *erection* balok sama seperti pada langkah ketiga di atas. Ilustrasi pengerjaan dapat dilihat pada gambar 7.18 berikut.



Gambar 7. 18 Proses *erection* pada balok kantilever lantai 4-7 dan 8-10.

6. Khusus perkuatan balok kantilever lantai 4-7, sambungan perkuatan menggunakan baut. Setelah profil diletakkan diatas *jack* hidrolik seperti pada langkah ke 5 diatas, profil eksisting dilubangi dengan bor magnet tipe *rotary* kemudian baut dipasang seperti pada gambar 7.19 berikut.



Gambar 7. 19 Pemasangan perkuatan balok kantilever lantai 4-7

7.3 Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan dihitung sebagai berikut:

Volume pekerjaan total = 1508.05 Ton

Jam kerja pemasangan baja = 6 jam/1 ton (Sumber : Ir. A. Soedrajat S)

Koefisien tenaga kerja menurut HSPK Surabaya tahun 2018 adalah sebagai berikut :

Tabel 7. 1 Koefisien tenaga kerja (HSPK, 2018)

No.	Tenaga Kerja	Koef
1	Pekerja	0.06
2	Kepala Tukang	0.06
3	Mandor	0.006

Perhitungan kebutuhan tenaga kerja adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{\text{Koefisien tenaga kerja}}{\text{Koefisien terkecil}}$$

Pekerja = 10 pekerja

Kepala Tukang = 10 pekerja

Mandor = 1 pekerja

Perhitungan jam kerja 1 grup adalah sebagai berikut :

Jam kerja dalam 1 hari adalah = 8 jam, maka :

Pekerja = 10 pekerja x 8 jam/hari = 80 jam/hari

Kepala tukang = 10 pekerja x 8 jam/hari = 80 jam/hari

Mandor = 1 pekerja x 8 jam/hari = 8 jam/hari

Total jam kerja 1 grup = 176 jam/hari

Maka perhitungan durasi pekerjaannya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas kerja 1 grup} &= \frac{\text{Total jam kerja 1 grup} \times 1 \text{ ton}}{6 \text{ jam}} \\ &= 29.3333 \text{ ton/hari} \end{aligned}$$

∴ Durasi waktu pekerjaan perkuatan adalah :

$$\frac{\text{Total Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Kerja 1 grup}} \approx 52 \text{ hari}$$

Berdasarkan pengalaman yang dilakukan oleh *senior engineer* PT. Meinhardt Indonesia dan salah satu *quality control* PT.PP, rata-rata dalam satu hari dapat menyelesaikan dua perkuatan dengan jam kerja selama 7 jam. Total jumlah perkuatan yang harus dikerjakan pada gedung Fakultas Teknik UNTAG adalah 136 elemen perkuatan. Maka waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan perkuatan adalah :

$$\text{Waktu penyelesaian} = \frac{136}{2} \approx \pm 68 \text{ hari.}$$

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB VIII
RENCANA ANGGARAN BIAYA PERKUATAN
STRUKTUR

Berikut adalah rincian biaya perkuatan struktur baja yang harus di keluarkan apabila struktur perlu diperkuat :

Tabel 8. 1 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 1

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 1					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 28x280mm K588	19940.256	Kg	Rp 7,500.00	Rp 149,551,920.00
		Total Pekerjaan A1			Rp 149,551,920.00
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	19940.256	Kg	Rp 4,500.00	Rp 89,731,152.00
		Total Pekerjaan A2			Rp 89,731,152.00

Tabel 8. 2 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 2

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 2					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 28x280mm K588	12161.094	Kg	Rp 7,500.00	Rp 91,208,208.00
2	T250 untuk WF500, L=13m	1164.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 15,724,800.00
3	T175 untuk WF298, L=13m	322.4	Kg	Rp 13,500.00	Rp 4,352,400.00
4	T75 untuk WF396	756	Kg	Rp 13,500.00	Rp 10,206,000.00
5	Baut M20 untuk WF500	0.84	Kg	Rp 12,000.00	Rp 10,026.38
6	Plat 180x200x20	22.608	Kg	Rp 7,500.00	Rp 169,560.00
7	Plat 149x175x12	4.91253	Kg	Rp 7,500.00	Rp 36,843.98
8	Plat 75x199x18	12.653415	Kg	Rp 7,500.00	Rp 94,900.61
		Total Pekerjaan A1			Rp 121,802,738.97
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	14445.304	Kg	Rp 4,500.00	Rp 65,003,867.45
		Total Pekerjaan A2			Rp 65,003,867.45

Tabel 8. 5 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 5

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 5					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 32x180mm K600	8934.68	Kg	Rp 7,500.00	Rp 67,010,112
2	T250 untuk WF500, L=13m	1164.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 15,724,800.00
3	H200 untuk WF500 Kant	99.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 1,347,300.00
4	Baut M20	5.01	Kg	Rp 12,000.00	Rp 60,158.28
5	Plat 180x200x20	22.608	Kg	Rp 7,500.00	Rp 169,560.00
6	Plat 130x200x20	8.164	Kg	Rp 7,500.00	Rp 61,230.00
		Total Pekerjaan A1			Rp 84,373,160
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	10235.067	Kg	Rp 4,500.00	Rp 46,057,800.56
		Total Pekerjaan A2			Rp 46,057,800.56

Tabel 8. 6 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 6

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 6					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 32x180mm K600	3436.42	Kg	Rp 7,500.00	Rp 25,773,120
2	T250 untuk WF500, L=13m	1164.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 15,724,800.00
3	H200 untuk WF500 Kant	199.6	Kg	Rp 13,500.00	Rp 2,694,600.00
4	Baut M20	8.36	Kg	Rp 12,000.00	Rp 100,263.80
5	Plat 180x200x20	22.608	Kg	Rp 7,500.00	Rp 169,560.00
6	Plat 130x200x20	8.164	Kg	Rp 7,500.00	Rp 61,230.00
		Total Pekerjaan A1			Rp 44,523,574
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	4839.943	Kg	Rp 4,500.00	Rp 21,779,744.93
		Total Pekerjaan A2			Rp 21,779,744.93

Tabel 8. 7 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 7

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 7					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 28x180mm K500	1804.12	Kg	Rp 7,500.00	Rp 13,530,888
2	T250 untuk WF500, L=13m	1164.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 15,724,800.00
3	H200 untuk WF500 Kant	199.6	Kg	Rp 13,500.00	Rp 2,694,600.00
4	Baut M20	8.36	Kg	Rp 12,000.00	Rp 100,263.80
5	Plat 180x200x20	22.608	Kg	Rp 7,500.00	Rp 169,560.00
6	Plat 130x200x20	8.164	Kg	Rp 7,500.00	Rp 61,230.00
		Total Pekerjaan A1			Rp 32,281,342
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	3207.646	Kg	Rp 4,500.00	Rp 14,434,405.73
		Total Pekerjaan A2			Rp 14,434,405.73

Tabel 8. 8 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 8

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 8					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	Plat 28x180mm K500	601.37	Kg	Rp 7,500.00	Rp 4,510,296
2	T198 untuk WF500, L=13m	735.8	Kg	Rp 13,500.00	Rp 9,933,300
3	T175 untuk WF450, L=9m	1339.2	Kg	Rp 13,500.00	Rp 18,079,200
4	T300 untuk WF450 kant	318	Kg	Rp 13,500.00	Rp 4,293,000
5	Baut M20	7.94	Kg	Rp 12,000.00	Rp 95,251
6	Plat 128x200x20	16.0768	Kg	Rp 7,500.00	Rp 120,576
7	Plat 102x200x18	34.59024	Kg	Rp 7,500.00	Rp 259,427
8	Plat 200x297x18	25.17966	Kg	Rp 7,500.00	Rp 188,847
		Total Pekerjaan A1			Rp 37,479,897
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, erection, pemasangan plat dan pengelasan	3078.157	Kg	Rp 4,500.00	Rp 13,851,706.73
		Total Pekerjaan A2			Rp 13,851,706.73

Tabel 8. 9 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 9

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 9					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	T198 untuk WF500, L=13m	735.80	Kg	Rp 13,500.00	Rp 9,933,300
2	T175 untuk WF450, L=9m	1339.2	Kg	Rp 13,500.00	Rp 18,079,200
3	T300 untuk WF450 kant	318	Kg	Rp 13,500.00	Rp 4,293,000
4	Baut M20	7.94	Kg	Rp 12,000.00	Rp 95,251
5	Plat 128x200x20	16.0768	Kg	Rp 7,500.00	Rp 120,576
6	Plat 102x200x18	34.59024	Kg	Rp 7,500.00	Rp 259,427
7	Plat 200x297x18	25.17966	Kg	Rp 7,500.00	Rp 188,847
		Total Pekerjaan A1			Rp 32,969,601
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, <i>erection</i> , pemasangan plat dan pengelasan	2476.784	Kg	Rp 4,500.00	Rp 11,145,529.13
		Total Pekerjaan A2			Rp 11,145,529.13

Tabel 8. 10 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai 10

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai 10					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	T198 untuk WF500, L=13m	735.80	Kg	Rp 13,500.00	Rp 9,933,300
2	T175 untuk WF450, L=9m	1339.2	Kg	Rp 13,500.00	Rp 18,079,200
3	T300 untuk WF450 kant	318	Kg	Rp 13,500.00	Rp 4,293,000
4	Baut M20	7.94	Kg	Rp 12,000.00	Rp 95,251
5	Plat 128x200x20	16.0768	Kg	Rp 7,500.00	Rp 120,576
6	Plat 102x200x18	34.59024	Kg	Rp 7,500.00	Rp 259,427
7	Plat 200x297x18	25.17966	Kg	Rp 7,500.00	Rp 188,847
		Total Pekerjaan A1			Rp 32,969,601
A2	Pekerjaan Perkuatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1	Fabrikasi, <i>erection</i> , pemasangan plat dan pengelasan	2476.784	Kg	Rp 4,500.00	Rp 11,145,529.13
		Total Pekerjaan A2			Rp 11,145,529.13

Tabel 8. 11 Rencana anggaran biaya perkuatan struktur lantai atap

Rencana Anggaran biaya					
Pekerjaan Perkuatan Struktur Baja Universitas Tujuh Belas Agustus Surabaya					
Lantai Atap					
No	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A1	Material Baja				
1	T198 untuk WF396, L=9m	509.4	Kg	Rp 13,500.00	Rp 6,876,900.00
2	Plat 198x199x18	22.2700104	Kg	Rp 7,500.00	Rp 167,025.08
		Total Pekerjaan A1			Rp 7,043,925
A2	Pekerjaan Perkuatan				
1	Fabrikasi, <i>erection</i> , pemasangan plat dan pengelasan	531.670	Kg	Rp 4,500.00	Rp 2,392,515.05
		Total Pekerjaan A2			Rp 2,392,515.05

Rekapitulasi biaya yang harus dibayar adalah sebagai berikut :

1. Biaya total A1 (Material baja) = Rp.11,416,127,055,-
2. Biaya total A2 (Pekerjaan perkuatan) = Rp. 6,788,485,333,-
3. Total biaya pekerjaan = Rp. 18,204,612,388,-

BAB IX PENUTUP

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang diterbitkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional (PUSGEN), Sesar Kendeng merupakan sesar dangkal yang memiliki mekanisme gempa *reverse-fault* dengan kekuatan 6.5 Mw. Dari hasil pencarian jarak gedung Fakultas Teknik UNTAG terhadap sumber gempa Sesar Kendeng, didapatkan jarak epicenter atau Rjb sebesar 5.20 km.
2. Dari hasil perhitungan beban simulasi gempa Sesar Kendeng dipermukaan didapatkan beban *acceleration time history* dalam dua arah, arah horizontal (timur-barat dan utara-selatan) dan arah vertikal. Untuk yang arah timur-barat didapatkan percepatan gempa maksimum sebesar 0.097(g), sedangkan arah utara-selatan didapatkan percepatan gempa maksimum sebesar 0.104(g). Dan untuk arah vertikal didapatkan percepatan gempa maksimum sebesar 0.148(g).
3. Dari hasil analisa struktur dengan memasukan beban simulasi gempa Sesar Kendeng, beberapa elemen struktur baik balok, kolom, maupun sambungan mengalami *overstress*.
4. Dari beberapa elemen struktur yang mengalami *overstress* direncanakan perkuatan dengan menambahkan tinggi profil pada balok, menambahkan pelat pada sayap-sayap kolom, dan menambahkan *end-plate* pada sambungan balok-kolom.
5. Total biaya yang diperlukan untuk perkuatan struktur adalah Rp. 18,204,612,388,-

6. Kontribusi gempa akibat sesar Kendeng pada pulau Jawa intensitasnya tidak sebanyak gempa subduksi (gambar 2.4) karena frekuensi kejadian gempa *Interplate* (Subduksi) lebih sering daripada gempa intraplate (*Shallow crustal / fault*) (Pawirodikromo, 2012) . Namun berdasarkan buku Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 bahwa seismisitas di pulau Jawa didominasi oleh gempa yang berkaitan dengan subduksi dan sesar-sesar di darat. Dalam waktu dua dekade terakhir terjadi gempa gempa yang menimbulkan kerusakan yang signifikan : gempa tsunami $M_w = 7.6$ pada tahun 1994 di Jawa Timur, gempa $M_w = 7.7$ pada tahun 2006 dan $M_w = 7.0$ pada tahun 2009 di Jawa Barat.
7. Sesar dangkal termasuk dalam gempa *Intraplate* karena gempa yang terjadi jauh dari lokasi *plate boundaries* dan terjadi pada lempeng tektonik yang stabil (Pawirodikromo, 2012). Sehingga sesar Kendeng termasuk kedalam gempa *Intraplate*. Persamaan GMPE yang digunakan untuk sumber gempa *fault* adalah : Persamaan Boore-Atkinson NGA, persamaan Campbell-Bozorgnia NGA, dan persamaan Chiou-Youngs NGA (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017)
8. Dari hasil kajian analisa pembebanan simulasi gempa Sesar Kendeng, arah gempa yang paling dominan adalah arah vertikal karena jarak anatar sumber dengan lokasi sangat dekat (sesar dangkal). Gempa ini sangat berbahaya bagi struktur pada periode pendek seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.17 (Karena selama ini struktur di desain dengan periode panjang). Namun kajian ini masih terbatas karena sesar Kendeng belum pernah terjadi. Perlu adanya kajian lebih lanjut dengan data yang lebih akurat (contoh : data akselogram asli sesar Kendeng).

10.2 Saran

Penulisan Tugas Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan-kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk kemajuan penulisan Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. SNI 1726-2012 perlu di perbarui akibat gempa vertikal, baik desain maupun kontrol sistem struktur karena SNI 1726-2012 tidak membahas gempa vertikal secara mendalam dan desain beban gempa SNI 1726-2012 lebih dominan ke arah horizontal (nilai gempa vertikal hanya 0.2.Sds.D)
2. Perlu dilakukan kajian simulasi gempa sesar Kendeng pada gedung yang memiliki periode pendek (contoh : bangunan bertingkat rendah) karena sesar Kendeng memiliki periode pendek yang tinggi seperti pada gambar 3.17.
3. Perlu dilakukan analisis simulasi gempa sesar Kendeng pada gedung struktur beton karena gedung Tugas Akhir penulis menggunakan struktur baja.

“HALAMAN SENGAJA DIKOSONGKAN”

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. (2005). *Manual Steel Construction*. USA: AISC.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2015). *SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Dewobroto, W. (2016). *Struktur Baja : Perilaku, Analisis & Desain - AISC 2010*. Jakarta: Jurusan Teknik Sipil UPH.
- Giuncu, V., & Mazzolani, F. M. (2014). *Seismic Design of Steel Structures*. New York: CRC Press.
- Harnindra, V. A., Sunardi, B., & Santosa, B. J. (2017). Implikasi Sesar Kendeng Terhadap Bahaya Gempa dan Pemodelan Percepatan Tanah di Permukaan di Wilayah Surabaya. *Jurnal Sains dan Seni ITS Vol. 6, No. 2*, B71-B75.
- Haselton, C., Whittaker, A., Hortacsu, A., Baker, J., Bray, J., & Grant, D. (2012). Selecting and Scaling Earthquake Ground Motions for Performing Response-History Analyses. *15 WCEE*, 5.
- Landolfo, R., Mazzolani, F., Dubina, D., Silva, L. S., & Aniello, M. D. (2017). *Design of Steel Structures for Building in Seismic Area (Eurocode 8: Design of Structure for Earthquake Resistance)*. Maia: ECCS.
- Liang, Q. Q. (2015). *Analysis and Design of Steel and Composite Structures*. New York: CRC Press.

- Nasution, T. (2011). *Struktur Baja 1*. Medan: Departemen Teknik Sipil ITM.
- Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Pusat Studi Gempa Nasional. (2017). *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Sunardi, B., Rohadi, S., Haryoko, U., & Shahzad, S. (2017). Implications of Kendeng Fault to Seismic Hazard Potential in Malang . *ResearchGate*, 170.
- Taranath, B. (2005). *Structural Analysis and Design: Wind and Earthquake Resistant Building*. New York: Marcel Dekker.
- Williams, A. (2011). *Steel Structures Design ASD/LRFD*. New York: McGraw Hill.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Fikri Ghifari. Lahir di Surabaya pada tanggal 21 Februari 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SMA Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus SMA pada tahun 2015, penulis mengikuti ujian masuk Diploma IV ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, terdaftar dengan NRP 10111510000002. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Helmy Darjanto dan Dina Utami

Penulis juga pernah aktif dalam kegiatan kemahasiswaan sebagai staff ARSOD HMDS 2016-2017 dan Kepala Divisi Olahraga ARSOD HMDS 2017-2018. Penulis juga aktif sebagai atlet beladiri Shorinji Kempo Surabaya dan berbagai kejuaraan telah diikuti oleh penulis.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul “EvaluasiI Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng”.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini, Fikri Ghifari mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua dan kakak saya yang selalu mendoakan, memberi motivasi dan semangat dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
2. Ibu Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pertama dalam penyusunan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng”
3. Bapak Afif Navir Refani, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua dalam penyusunan proposal tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Struktur Baja Gedung Perkuliahan 10 Lantai Di Surabaya Akibat Simulasi Gempa Sesar Kendeng”
4. Bapak dan Ibu karyawan ITS (Ibu Sulfi dan Pak Didik) yang telah membantu serta membimbing dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.
5. UNTAG Surabaya yang telah membantu memberikan data untuk Tugas Akhir ini.
6. Totok Andi Prasetyo, S.T., *engineer* Meinhardt yang telah mengajarkan ilmu-ilmu struktur baja.
7. Matius Kosasih, M.S., pemilik KNA Steel Master yang telah mengajarkan ilmu-ilmu struktur baja dan anggaran biaya konstruksi baja.
8. Grup asistensi Golkar dan teman seperjuangan TA struktur gedung (Rivaldi Ardans, Nurvia Awwalul, dan Karisma Fica), yang menemani dan memberi semangat selama pengerjaan proses tugas akhir ini.
9. Dinda Almira Hariadi, yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini.
10. Serta teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil Diploma 4 kelas A angkatan 2015.

Saya berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat Ridlo dan balasan dari Allah S.W.T. Saya menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan, untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi sempurnanya penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Akhir kata saya berharap semoga Tugas Akhir Terapan ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 20 Mei 2019

Penulis

LAMPIRAN

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Rekapitulasi Kapasitas Balok

Balok It2								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	238.98	113.80	0.56	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	59.91	30.70	0.26	0.08	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	78.06	53.81	0.34	0.14	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	234.19	84.80	0.54	0.12	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	45.90	34.70	0.20	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	73.14	66.05	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	72.04	65.54	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	46.01	34.77	0.20	0.09	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	46.20	34.53	0.20	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	71.76	65.50	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	71.40	65.40	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	46.06	34.50	0.20	0.09	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	44.96	34.30	0.20	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	73.30	66.09	0.32	0.17	OK	OK

Balok lt2								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	71.41	65.52	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	42.30	33.18	0.19	0.08	OK	OK
WF396, As B' Join 5-1'	227.25	392.70	204.34	85.30	0.90	0.22	OK	OK
WF396, As A' Join 5-1'	227.25	392.70	231.83	103.06	1.02	0.26	NOT OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	244.56	106.55	0.57	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	73.50	69.60	0.32	0.18	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	53.40	44.30	0.23	0.11	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	202.88	67.64	0.47	0.10	OK	OK
WF396, As E Join 5-1'	227.25	392.70	231.40	102.90	1.02	0.26	NOT OK	OK
WF396, As F Join 5-1'	227.25	392.70	205.78	85.81	0.91	0.22	OK	OK
WF396, As B' Join 1'-7	227.25	392.70	88.90	47.27	0.39	0.12	OK	OK
WF396, As A' Join 1'-7	227.25	392.70	102.45	63.55	0.45	0.16	OK	OK
WF396, As A Join 6-7	227.25	392.70	40.94	32.53	0.18	0.08	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	41.50	61.40	0.18	0.16	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	33.73	54.10	0.15	0.14	OK	OK

Balok lt2								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As D Join 6-7	227.25	392.70	31.15	32.10	0.14	0.08	OK	OK
WF396, As E Join 1'-7	227.25	392.70	102.72	63.60	0.45	0.16	OK	OK
WF396, As FJoin 1'-7	227.25	392.70	88.60	47.26	0.39	0.12	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	165.11	47.80	0.38	0.07	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	11.73	4.77	0.05	0.01	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	168.45	73.20	0.39	0.10	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	293.53	193.03	0.68	0.27	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	416.78	702.00	240.45	100.85	0.58	0.14	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	340.94	206.30	0.79	0.29	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	334.63	204.85	0.78	0.29	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	252.73	94.85	0.59	0.14	OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	253.10	94.99	0.59	0.14	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	429.75	702.00	348.21	208.51	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	332.46	204.83	0.77	0.29	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	252.74	94.85	0.59	0.14	OK	OK

Balok lt2								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	251.66	94.50	0.59	0.13	OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	347.13	208.50	0.81	0.30	OK	OK
WF396, As 5 Join E'-A	227.25	392.70	155.13	52.15	0.68	0.13	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	345.60	208.45	0.80	0.30	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	475.08	205.80	1.14	0.29	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	202.84	108.92	0.47	0.16	OK	OK
WF396, As 5 Join D-F	227.25	392.70	151.22	51.40	0.67	0.13	OK	OK
WF396, As 1' Join B'-A'	227.25	392.70	264.75	163.41	1.17	0.42	NOT OK	OK
WF396, As 1' Join A'-A	227.25	392.70	140.25	95.50	0.62	0.24	OK	OK
WF396, As 1' Join D-E	227.25	392.70	134.15	94.10	0.59	0.24	OK	OK
WF396, As 1' Join E-F	227.25	392.70	269.93	165.15	1.19	0.42	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	221.64	109.09	0.52	0.16	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	534.12	37.66	1.28	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	165.42	40.90	0.38	0.06	OK	OK
WF396, As 7 Join E'-A'	227.25	392.70	175.72	108.90	0.77	0.28	OK	OK

Balok lt2								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As 7 Join A'-A	227.25	392.70	93.50	60.11	0.41	0.15	OK	OK
WF298, As 7 Join A-B	95.40	232.65	81.70	45.63	0.86	0.20	OK	OK
WF298, As 7 Join B-C	86.40	232.65	163.90	65.65	1.90	0.28	NOT OK	OK
WF298, As 7 Join C-D	95.40	232.65	81.11	44.32	0.85	0.19	OK	OK
WF396, As 7 Join D-E	227.25	392.70	84.95	55.90	0.37	0.14	OK	OK
WF396, As 7 Join E-F	227.25	392.70	180.02	110.30	0.79	0.28	OK	OK

Balok lt3								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	229.97	125.07	0.54	0.18	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	63.40	32.50	0.28	0.08	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	83.66	56.30	0.37	0.14	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	224.50	96.13	0.52	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	64.85	56.11	0.29	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	71.61	65.54	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	69.60	64.71	0.31	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	64.07	55.80	0.28	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	60.13	54.10	0.26	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	69.40	64.62	0.31	0.16	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	70.45	65.02	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	59.76	53.92	0.26	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	60.83	54.50	0.27	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	73.65	66.23	0.32	0.17	OK	OK

Balok lt3								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	71.01	65.35	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	57.50	53.31	0.25	0.14	OK	OK
WF396, As B' Join 5-1'	227.25	392.70	174.66	68.30	0.77	0.17	OK	OK
WF396, As A' Join 5-1'	227.25	392.70	183.97	75.24	0.81	0.19	OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	222.63	107.66	0.52	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	65.97	67.23	0.29	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	46.77	42.05	0.21	0.11	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	185.87	72.76	0.43	0.10	OK	OK
WF396, As E Join 5-1'	227.25	392.70	176.54	72.60	0.78	0.18	OK	OK
WF396, As F Join 5-1'	227.25	392.70	175.35	68.52	0.77	0.17	OK	OK
WF396, As B' Join 1'-7	227.25	392.70	89.71	35.40	0.39	0.09	OK	OK
WF396, As A' Join 1'-7	227.25	392.70	89.90	41.00	0.40	0.10	OK	OK
WF396, As A Join 6-7	227.25	392.70	51.02	26.50	0.22	0.07	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	55.83	24.10	0.25	0.06	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	36.90	29.75	0.16	0.08	OK	OK
WF396, As D Join 6-7	227.25	392.70	32.02	28.20	0.14	0.07	OK	OK

Balok lt3								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As E Join 1'-7	227.25	392.70	89.15	40.83	0.39	0.10	OK	OK
WF396, As FJoin 1'-7	227.25	392.70	93.10	36.12	0.41	0.09	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	140.95	45.53	0.33	0.06	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	11.92	4.80	0.05	0.01	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	151.73	71.80	0.35	0.10	OK	OK
WF500, As 2 Join C'-A	429.75	702.00	52.60	31.75	0.12	0.05	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	306.82	195.22	0.71	0.28	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	416.78	702.00	242.92	110.27	0.58	0.16	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	332.20	204.42	0.77	0.29	OK	OK
WF500, As 2 Join D-D'	429.75	702.00	54.51	32.90	0.13	0.05	OK	OK
WF500, As 3 Join C'-A	429.75	702.00	107.45	63.90	0.25	0.09	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	349.90	208.30	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	256.50	96.24	0.60	0.14	OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	395.23	139.50	0.92	0.20	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	429.75	702.00	356.35	208.05	0.83	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join D-D'	429.75	702.00	107.45	63.90	0.25	0.09	OK	OK

Balok lt3								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 4 Join C'-A	429.75	702.00	107.45	63.90	0.25	0.09	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	342.00	204.73	0.80	0.29	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	439.71	151.30	1.02	0.22	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	545.45	186.50	1.27	0.27	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	373.60	209.60	0.87	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join D-D'	429.75	702.00	107.50	63.90	0.25	0.09	OK	OK
WF396, As 5 Join E'-A	227.25	392.70	149.85	61.43	0.66	0.16	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	349.90	207.60	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	550.88	241.77	1.32	0.34	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	199.02	107.33	0.46	0.15	OK	OK
WF396, As 5 Join D-F	227.25	392.70	151.77	61.50	0.67	0.16	OK	OK
WF396, As 1' Join E'-A'	227.25	392.70	132.54	81.04	0.58	0.21	OK	OK
WF396, As 1' Join A'-A	227.25	392.70	73.85	50.11	0.32	0.13	OK	OK
WF396, As 1' Join D-E	227.25	392.70	67.53	48.55	0.30	0.12	OK	OK
WF396, As 1' Join E-F	227.25	392.70	135.96	82.10	0.60	0.21	OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	184.60	98.60	0.43	0.14	OK	OK

Balok lt3								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	532.60	38.23	1.28	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	129.50	37.50	0.30	0.05	OK	OK
WF396, As 7 Join E'-A'	227.25	392.70	83.44	53.20	0.37	0.14	OK	OK
WF396, As 7 Join A'-A	227.25	392.70	42.98	25.70	0.19	0.07	OK	OK
WF298, As 7 Join A-B	95.40	232.65	88.86	47.10	0.93	0.20	OK	OK
WF298, As 7 Join B-C	86.40	232.65	160.85	11.07	1.86	0.05	NOT OK	OK
WF298, As 7 Join C-D	95.40	232.65	88.83	47.10	0.93	0.20	OK	OK
WF396, As 7 Join D-E	227.25	392.70	41.22	24.40	0.18	0.06	OK	OK
WF396, As 7 Join E-F	227.25	392.70	86.20	54.00	0.38	0.14	OK	OK

Balok lt4								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	232.05	109.88	0.54	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	72.20	35.16	0.32	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	92.31	59.01	0.41	0.15	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	228.64	83.24	0.53	0.12	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	73.60	61.14	0.32	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	76.80	67.45	0.34	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	73.60	66.20	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	73.03	61.00	0.32	0.16	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	65.97	58.03	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	73.23	66.04	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	74.61	66.55	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	66.00	58.05	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	65.96	58.24	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	78.97	68.23	0.35	0.17	OK	OK

Balok lt4								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	75.40	67.02	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	68.97	59.40	0.30	0.15	OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	199.53	47.06	0.46	0.07	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	85.04	73.24	0.37	0.19	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	62.75	47.06	0.28	0.12	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	182.50	38.76	0.42	0.06	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	117.02	69.20	0.51	0.18	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	117.02	69.20	0.51	0.18	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	142.90	44.80	0.33	0.06	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	19.60	6.02	0.09	0.02	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	151.99	69.04	0.35	0.10	OK	OK
WF500, As 2 Join C'-A	429.75	702.00	70.07	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	309.90	196.22	0.72	0.28	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	416.78	702.00	329.62	140.17	0.79	0.20	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	343.24	106.82	0.80	0.15	OK	OK
WF500, As 2 Join D-D'	429.75	702.00	70.07	36.90	0.16	0.05	OK	OK

Balok lt4								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 3 Join C'-A	429.75	702.00	138.07	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	370.12	209.60	0.86	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	616.73	204.04	1.44	0.29	NOT OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	389.71	137.65	0.91	0.20	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	429.75	702.00	358.92	210.90	0.84	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join D-D'	429.75	702.00	138.07	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join C'-A	429.75	702.00	138.07	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	354.12	209.30	0.82	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	436.50	150.30	1.02	0.21	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	257.04	96.45	0.60	0.14	OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	347.76	209.70	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join D-D'	429.75	702.00	138.07	71.65	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 5 Join C'-A	429.75	702.00	70.07	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	361.16	212.97	0.84	0.30	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	471.85	205.11	1.13	0.29	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	196.05	108.13	0.46	0.15	OK	OK

Balok lt4								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 5 Join D-D'	429.75	702.00	70.07	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	198.33	80.10	0.46	0.11	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	499.50	26.30	1.20	0.04	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	128.24	23.30	0.30	0.03	OK	OK

Balok lt5								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	190.73	72.55	0.44	0.10	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	74.32	36.00	0.33	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	94.43	59.93	0.42	0.15	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	254.94	102.21	0.59	0.15	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	71.40	60.50	0.31	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	73.60	66.35	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	68.60	64.40	0.30	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	71.00	60.30	0.31	0.15	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	60.00	55.90	0.26	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	68.65	64.40	0.30	0.16	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	68.56	64.31	0.30	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	60.50	56.05	0.27	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	63.90	57.70	0.28	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	74.80	66.74	0.33	0.17	OK	OK

Balok lt5								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	69.35	64.90	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	73.60	61.20	0.32	0.16	OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	224.16	105.20	0.52	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	87.33	74.50	0.38	0.19	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	65.30	48.12	0.29	0.12	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	184.53	51.80	0.43	0.07	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	134.53	45.44	0.31	0.06	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	429.75	702.00	12.72	4.90	0.03	0.01	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	149.97	74.08	0.35	0.11	OK	OK
WF500, As 2 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	307.17	199.12	0.71	0.28	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	245.30	102.73	0.57	0.15	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	341.75	209.60	0.80	0.30	OK	OK
WF500, As 2 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK

Balok lt5								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 3 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	359.45	217.35	0.84	0.31	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	252.60	95.01	0.59	0.14	OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	380.36	134.75	0.89	0.19	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	416.78	702.00	349.50	211.75	0.84	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	347.27	210.80	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	421.92	145.80	0.98	0.21	OK	OK
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	536.61	183.95	1.25	0.26	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	371.53	214.04	0.86	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 5 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	348.53	211.65	0.81	0.30	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	544.85	241.73	1.31	0.34	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	196.50	107.54	0.46	0.15	OK	OK

Balok lt5								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 5 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	196.30	87.95	0.46	0.13	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	503.97	34.80	1.21	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	112.13	31.40	0.26	0.04	OK	OK

Balok lt6								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	208.80	120.88	0.49	0.17	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	71.09	34.85	0.31	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	92.08	59.07	0.41	0.15	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	209.26	91.60	0.49	0.13	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	65.86	58.40	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	66.30	63.70	0.29	0.16	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	56.23	1.83	0.25	0.00	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	65.90	58.35	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	48.42	2.11	0.21	0.01	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	56.15	1.93	0.25	0.00	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	56.17	1.80	0.25	0.00	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	48.50	1.60	0.21	0.00	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	66.10	58.40	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	65.83	63.43	0.29	0.16	OK	OK

Balok lt6								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	65.45	63.40	0.29	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	77.90	62.73	0.34	0.16	OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	158.30	85.70	0.37	0.12	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	89.77	75.50	0.40	0.19	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	66.22	48.55	0.29	0.12	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	131.35	54.85	0.31	0.08	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	98.94	38.77	0.23	0.06	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	429.75	702.00	13.90	5.09	0.03	0.01	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	108.60	65.53	0.25	0.09	OK	OK
WF500, As 2 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	299.92	197.27	0.70	0.28	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	329.23	143.50	0.77	0.20	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	337.24	208.16	0.78	0.30	OK	OK
WF500, As 2 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK

Balok lt6								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 3 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	370.70	214.24	0.86	0.31	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	759.01	249.40	1.77	0.36	NOT OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	386.70	136.93	0.90	0.20	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	416.78	702.00	345.70	212.60	0.83	0.30	OK	OK
WF500, As 3 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	340.86	210.01	0.79	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	433.90	149.75	1.01	0.21	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	250.66	94.30	0.58	0.13	OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	346.75	214.74	0.81	0.31	OK	OK
WF500, As 4 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 5 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	356.62	215.75	0.83	0.31	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	468.31	204.96	1.12	0.29	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	186.20	106.30	0.43	0.15	OK	OK

Balok lt6								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 5 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	145.27	78.60	0.34	0.11	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	503.50	36.60	1.21	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	86.11	31.35	0.20	0.04	OK	OK

Balok lt7								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As A Join 1-2	429.75	702.00	143.60	98.25	0.33	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	70.90	34.80	0.31	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	94.45	60.11	0.42	0.15	OK	OK
WF500, As D Join 1-2	429.75	702.00	148.85	68.42	0.35	0.10	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	65.83	58.43	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	54.50	0.97	0.24	0.00	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	67.41	63.99	0.30	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	65.23	58.20	0.29	0.15	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	58.72	55.42	0.26	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	67.50	63.90	0.30	0.16	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	64.35	62.81	0.28	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	56.63	54.70	0.25	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	72.24	60.74	0.32	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	56.35	1.40	0.25	0.00	OK	OK

Balok lt7								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	69.90	65.10	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	84.85	65.40	0.37	0.17	OK	OK
WF500, As A Join 5-6	429.75	702.00	122.93	61.60	0.29	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	97.80	78.50	0.43	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	72.75	50.80	0.32	0.13	OK	OK
WF500, As D Join 5-6	429.75	702.00	99.20	38.50	0.23	0.05	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	112.80	79.63	0.50	0.20	OK	OK
WF500, As 1 Join A-B	429.75	702.00	109.75	38.90	0.26	0.06	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	429.75	702.00	15.00	5.23	0.03	0.01	OK	OK
WF500, As 1 Join C-D	429.75	702.00	105.72	61.52	0.25	0.09	OK	OK
WF500, As 2 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 2 Join A-B	429.75	702.00	313.40	203.35	0.73	0.29	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	253.16	105.10	0.59	0.15	OK	OK
WF500, As 2 Join C-D	429.75	702.00	340.90	212.30	0.79	0.30	OK	OK
WF500, As 2 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK

Balok lt7								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 3 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 3 Join A-B	429.75	702.00	363.15	220.30	0.85	0.31	OK	OK
WF500, As 3 Join B-E'	429.75	702.00	257.40	96.77	0.60	0.14	OK	OK
WF500, As 3 Join F'-C	429.75	702.00	395.16	139.83	0.92	0.20	OK	OK
WF500, As 3 Join C-D	416.78	702.00	354.30	216.50	0.85	0.31	OK	OK
WF500, As 3 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join C'-A	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 4 Join A-B	429.75	702.00	345.03	211.17	0.80	0.30	OK	OK
WF500, As 4 Join B-E'	429.75	702.00	449.30	154.85	1.05	0.22	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join F'-C	429.75	702.00	569.30	194.80	1.32	0.28	NOT OK	OK
WF500, As 4 Join C-D	429.75	702.00	380.91	218.70	0.89	0.31	OK	OK
WF500, As 4 Join D-D'	429.75	702.00	137.64	71.64	0.32	0.10	OK	OK
WF500, As 5 Join C'-A	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 5 Join A-B	429.75	702.00	355.30	215.33	0.83	0.31	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	541.20	241.60	1.30	0.34	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join C-D	429.75	702.00	191.25	106.52	0.45	0.15	OK	OK

Balok lt7								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 5 Join D-D'	429.75	702.00	69.85	36.90	0.16	0.05	OK	OK
WF500, As 6 Join A-B	429.75	702.00	131.40	68.95	0.31	0.10	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	504.80	36.62	1.21	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	74.90	38.00	0.17	0.05	OK	OK

Balok I _t 8								
Nama Penampang	ØM _n	ØV _n	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As A Join 1-2	227.25	392.70	133.40	93.82	0.59	0.24	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	80.30	37.63	0.35	0.10	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	104.98	63.50	0.46	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 1-2	227.25	392.70	130.92	66.70	0.58	0.17	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	77.40	62.30	0.34	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	71.54	65.62	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	74.32	66.40	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	76.82	62.02	0.34	0.16	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	64.55	57.50	0.28	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	74.85	66.41	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	71.98	65.55	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	62.30	56.70	0.27	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	83.75	64.50	0.37	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	73.14	66.06	0.32	0.17	OK	OK

Balok lt8								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	77.13	67.70	0.34	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	96.61	69.20	0.43	0.18	OK	OK
WF396, As A Join 5-6	227.25	392.70	126.14	65.61	0.56	0.17	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	109.54	82.30	0.48	0.21	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	83.30	54.03	0.37	0.14	OK	OK
WF396, As D Join 5-6	227.25	392.70	88.83	37.92	0.39	0.10	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF450, As 1 Join A-B	335.25	569.70	106.30	38.54	0.32	0.07	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	27.80	7.30	0.12	0.02	OK	OK
WF450, As 1 Join C-D	335.25	569.70	126.70	69.43	0.38	0.12	OK	OK
WF450, As 2 Join C'-A	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 2 Join A-B	335.25	569.70	317.50	202.14	0.95	0.35	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	349.80	146.60	0.81	0.21	OK	OK
WF450, As 2 Join C-D	335.25	569.70	355.11	215.14	1.06	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 2 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK

Balok lt8								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 3 Join C'-A	335.25	569.70	140.90	71.40	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 3 Join A-B	335.25	569.70	388.66	225.66	1.16	0.40	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join B-E'	335.25	569.70	521.45	172.60	1.56	0.30	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join F'-C	335.25	569.70	444.01	153.80	1.32	0.27	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join C-D	335.25	569.70	381.06	221.40	1.14	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join D-D'	335.25	569.70	140.05	70.94	0.42	0.12	OK	OK
WF450, As 4 Join C'-A	335.25	569.70	140.90	71.40	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 4 Join A-B	335.25	569.70	372.20	221.77	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join B-E'	335.25	569.70	436.50	148.20	1.30	0.26	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join F'-C	335.25	569.70	274.30	101.00	0.82	0.18	OK	OK
WF450, As 4 Join C-D	335.25	569.70	363.70	219.31	1.08	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join D-D'	335.25	569.70	140.75	71.30	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 5 Join C'-A	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 5 Join A-B	335.25	569.70	371.54	220.10	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	477.20	205.50	1.14	0.29	NOT OK	OK
WF450, As 5 Join C-D	335.25	569.70	186.30	105.34	0.56	0.18	OK	OK

Balok I18								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 5 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 6 Join A-B	335.25	569.70	155.90	78.80	0.47	0.14	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	511.70	36.90	1.23	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	82.34	13.30	0.19	0.02	OK	OK

Balok lt9								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As A Join 1-2	227.25	392.70	62.60	98.52	0.28	0.25	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	86.40	39.80	0.38	0.10	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	108.64	64.64	0.48	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 1-2	227.25	392.70	142.30	70.20	0.63	0.18	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	80.71	63.50	0.36	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	73.75	66.50	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	73.43	66.10	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	80.32	63.30	0.35	0.16	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	64.63	57.61	0.28	0.15	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	74.40	66.30	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	73.11	65.96	0.32	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	61.90	56.70	0.27	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	86.24	65.35	0.38	0.17	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	77.23	67.60	0.34	0.17	OK	OK

Balok lt9								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	78.96	68.33	0.35	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	100.20	70.50	0.44	0.18	OK	OK
WF396, As A Join 5-6	227.25	392.70	128.50	66.20	0.57	0.17	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	111.80	83.22	0.49	0.21	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	85.66	54.98	0.38	0.14	OK	OK
WF396, As D Join 5-6	227.25	392.70	98.90	42.80	0.44	0.11	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF450, As 1 Join A-B	335.25	569.70	137.02	53.53	0.41	0.09	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	28.50	7.40	0.13	0.02	OK	OK
WF450, As 1 Join C-D	335.25	569.70	132.60	70.60	0.40	0.12	OK	OK
WF450, As 2 Join C'-A	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 2 Join A-B	335.25	569.70	332.21	208.31	0.99	0.37	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	268.40	106.40	0.62	0.15	OK	OK
WF450, As 2 Join C-D	335.25	569.70	372.23	220.60	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 2 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK

Balok lt9								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 3 Join C'-A	335.25	569.70	141.70	71.80	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 3 Join A-B	335.25	569.70	378.61	222.40	1.13	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join B-E'	335.25	569.70	286.53	105.45	0.85	0.19	OK	OK
WF450, As 3 Join F'-C	335.25	569.70	436.80	151.40	1.30	0.27	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join C-D	335.25	569.70	382.60	225.25	1.14	0.40	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join D-D'	335.25	569.70	141.15	71.50	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 4 Join C'-A	335.25	569.70	141.52	71.70	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 4 Join A-B	335.25	569.70	385.72	217.25	1.15	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join B-E'	335.25	569.70	625.50	209.30	1.87	0.37	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join F'-C	335.25	569.70	462.12	157.44	1.38	0.28	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join C-D	335.25	569.70	398.80	230.70	1.19	0.40	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join D-D'	335.25	569.70	140.80	71.31	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 5 Join C'-A	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 5 Join A-B	335.25	569.70	372.30	219.70	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	549.95	241.72	1.32	0.34	NOT OK	OK
WF450, As 5 Join C-D	335.25	569.70	197.70	107.53	0.59	0.19	OK	OK

Balok lt9								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 5 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 6 Join A-B	335.25	569.70	81.20	223.84	0.24	0.39	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	511.42	26.85	1.23	0.04	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	135.24	55.80	0.31	0.08	OK	OK

Balok lt10								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment	Shear	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN	D/C Ratio	D/C Ratio		
WF396, As A Join 1-2	227.25	392.70	98.96	41.04	0.44	0.10	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	86.70	39.82	0.38	0.10	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	109.30	64.95	0.48	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 1-2	227.25	392.70	119.23	43.90	0.52	0.11	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	78.40	62.70	0.34	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	71.50	65.60	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	69.90	64.75	0.31	0.16	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	78.11	62.52	0.34	0.16	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	62.03	56.63	0.27	0.14	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	70.93	65.01	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	70.10	64.90	0.31	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	59.85	55.93	0.26	0.14	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	84.06	64.62	0.37	0.16	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	75.34	66.85	0.33	0.17	OK	OK

Balok lt10								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	75.22	67.04	0.33	0.17	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	98.92	70.10	0.44	0.18	OK	OK
WF396, As A Join 5-6	227.25	392.70	95.99	45.60	0.42	0.12	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	110.54	82.82	0.49	0.21	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	83.30	54.01	0.37	0.14	OK	OK
WF396, As D Join 5-6	227.25	392.70	89.80	41.60	0.40	0.11	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	116.80	80.40	0.51	0.20	OK	OK
WF450, As 1 Join A-B	335.25	569.70	133.21	48.93	0.40	0.09	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	29.34	7.22	0.13	0.02	OK	OK
WF450, As 1 Join C-D	335.25	569.70	118.11	71.50	0.35	0.13	OK	OK
WF450, As 2 Join C'-A	335.25	569.70	70.90	36.40	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 2 Join A-B	335.25	569.70	320.60	202.99	0.96	0.36	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	429.75	702.00	359.55	149.98	0.84	0.21	OK	OK
WF450, As 2 Join C-D	335.25	569.70	360.80	215.40	1.08	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 2 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK

Balok lt10								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 3 Join C'-A	335.25	569.70	141.70	71.80	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 3 Join A-B	335.25	569.70	375.70	224.80	1.12	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join B-E'	335.25	569.70	521.45	172.60	1.56	0.30	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join F'-C	335.25	569.70	513.60	177.14	1.53	0.31	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join C-D	335.25	569.70	372.23	215.74	1.11	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 3 Join D-D'	335.25	569.70	143.63	72.73	0.43	0.13	OK	OK
WF450, As 4 Join C'-A	335.25	569.70	141.71	71.77	0.42	0.13	OK	OK
WF450, As 4 Join A-B	335.25	569.70	373.00	222.30	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join B-E'	335.25	569.70	555.80	186.80	1.66	0.33	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join F'-C	335.25	569.70	292.92	107.77	0.87	0.19	OK	OK
WF450, As 4 Join C-D	335.25	569.70	364.60	218.42	1.09	0.38	NOT OK	OK
WF450, As 4 Join D-D'	335.25	569.70	143.40	72.61	0.43	0.13	OK	OK
WF450, As 5 Join C'-A	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 5 Join A-B	335.25	569.70	372.60	220.34	1.11	0.39	NOT OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	479.30	205.73	1.15	0.29	NOT OK	OK
WF450, As 5 Join C-D	335.25	569.70	196.21	106.88	0.59	0.19	OK	OK

Balok lt10								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF450, As 5 Join D-D'	335.25	569.70	71.40	36.60	0.21	0.06	OK	OK
WF450, As 6 Join A-B	335.25	569.70	74.82	214.10	0.22	0.38	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	510.77	36.90	1.23	0.05	NOT OK	OK
WF500, As 6 Join C-D	429.75	702.00	134.72	54.97	0.31	0.08	OK	OK

Balok atap								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As A Join 1-2	227.25	392.70	75.90	34.00	0.33	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 1-2	227.25	392.70	65.64	42.94	0.29	0.11	OK	OK
WF396, As C Join 1-2	227.25	392.70	71.74	45.13	0.32	0.11	OK	OK
WF396, As D Join 1-2	227.25	392.70	85.30	37.55	0.38	0.10	OK	OK
WF396, As A Join 2-3	227.25	392.70	49.62	34.30	0.22	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 2-3	227.25	392.70	34.93	31.92	0.15	0.08	OK	OK
WF396, As C Join 2-3	227.25	392.70	38.72	33.23	0.17	0.08	OK	OK
WF396, As D Join 2-3	227.25	392.70	48.50	33.90	0.21	0.09	OK	OK
WF396, As A Join 3-4	227.25	392.70	30.70	27.92	0.14	0.07	OK	OK
WF396, As B Join 3-4	227.25	392.70	39.70	32.90	0.17	0.08	OK	OK
WF396, As C Join 3-4	227.25	392.70	35.33	31.70	0.16	0.08	OK	OK
WF396, As D Join 3-4	227.25	392.70	28.20	27.15	0.12	0.07	OK	OK
WF396, As A Join 4-5	227.25	392.70	53.81	35.62	0.24	0.09	OK	OK
WF396, As B Join 4-5	227.25	392.70	43.13	34.70	0.19	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 4-5	227.25	392.70	41.90	34.11	0.18	0.09	OK	OK
WF396, As D Join 4-5	227.25	392.70	68.24	40.80	0.30	0.10	OK	OK

Balok atap								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF396, As A Join 5-6	227.25	392.70	41.82	119.84	0.18	0.31	OK	OK
WF396, As B Join 5-6	227.25	392.70	71.93	47.04	0.32	0.12	OK	OK
WF396, As C Join 5-6	227.25	392.70	63.90	43.84	0.28	0.11	OK	OK
WF396, As D Join 5-6	227.25	392.70	61.30	25.55	0.27	0.07	OK	OK
WF396, As B Join 6-7	227.25	392.70	52.53	35.14	0.23	0.09	OK	OK
WF396, As C Join 6-7	227.25	392.70	52.53	35.14	0.23	0.09	OK	OK
WF396, As 1 Join A-B	227.25	392.70	87.25	56.30	0.38	0.14	OK	OK
WF396, As 1 Join B-C	227.25	392.70	174.40	70.60	0.77	0.18	OK	OK
WF396, As 1 Join C-D	227.25	392.70	86.60	54.99	0.38	0.14	OK	OK
WF396, As 2 Join C'-A	227.25	392.70	36.50	18.92	0.16	0.05	OK	OK
WF396, As 2 Join A-B	227.25	392.70	224.02	127.50	0.99	0.32	OK	OK
WF500, As 2 Join B-C	416.78	702.00	364.80	150.92	0.88	0.21	OK	OK
WF396, As 2 Join C-D	227.25	392.70	226.24	129.23	1.00	0.33	OK	OK
WF396, As 2 Join D-D'	227.25	392.70	36.14	18.75	0.16	0.05	OK	OK
WF396, As 3 Join C'-A	227.25	392.70	75.30	38.33	0.33	0.10	OK	OK
WF396, As 3 Join A-B	227.25	392.70	225.10	127.73	0.99	0.33	OK	OK

Balok atap								
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	$\emptyset V_n$	Mult	Vult	Moment D/C Ratio	Shear D/C Ratio	Moment Check	Shear Check
	kN.m	kN	kN.m	kN				
WF500, As 3 Join B-C	416.78	702.00	353.70	148.50	0.85	0.21	OK	OK
WF396, As 3 Join C-D	227.25	392.70	239.75	137.40	1.06	0.35	NOT OK	OK
WF396, As 3 Join D-D'	227.25	392.70	73.30	37.35	0.32	0.10	OK	OK
WF396, As 4 Join C'-A	227.25	392.70	74.99	38.20	0.33	0.10	OK	OK
WF396, As 4 Join A-B	227.25	392.70	23.23	134.60	0.10	0.34	OK	OK
WF500, As 4 Join B-C	416.78	702.00	346.10	148.60	0.83	0.21	OK	OK
WF396, As 4 Join C-D	227.25	392.70	240.15	134.03	1.06	0.34	NOT OK	OK
WF396, As 4 Join D-D'	227.25	392.70	73.54	37.45	0.32	0.10	OK	OK
WF396, As 5 Join C'-A	227.25	392.70	36.97	19.20	0.16	0.05	OK	OK
WF396, As 5 Join A-B	227.25	392.70	209.14	121.92	0.92	0.31	OK	OK
WF500, As 5 Join B-C	416.78	702.00	358.90	147.70	0.86	0.21	OK	OK
WF396, As 5 Join C-D	227.25	392.70	207.13	119.50	0.91	0.30	OK	OK
WF396, As 5 Join D-D'	227.25	392.70	35.80	18.60	0.16	0.05	OK	OK
WF396, As 6 Join A-B	227.25	392.70	115.30	77.30	0.51	0.20	OK	OK
WF500, As 6 Join B-C	416.78	702.00	267.50	110.20	0.64	0.16	OK	OK
WF396, As 6 Join C-D	227.25	392.70	113.12	76.50	0.50	0.19	OK	OK

Rekapitulasi Kapasitas Kolom

Kolom lt1 (Elv +0.00 - +4.50)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 1 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	30.41	134.80	9.03	10553.80	1.47	NOT OK
K588, As 1 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	28.60	129.30	8.54	10248.98	1.43	NOT OK
K588, As 1 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	31.30	130.30	9.91	10737.44	1.49	NOT OK
K588, As 1 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	25.96	133.90	9.90	10706.64	1.49	NOT OK
K588, As 2 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	103.03	149.63	57.20	10507.80	1.55	NOT OK
K588, As 2 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	116.44	133.04	43.30	5707.24	0.94	OK
K588, As 2 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	130.34	60.80	52.80	6739.04	1.02	NOT OK
K588, As 2 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	99.70	152.35	59.41	10616.04	1.56	NOT OK
K588, As 3 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	207.40	47.11	96.15	3920.95	0.72	OK
K588, As 3 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	124.32	53.40	47.14	6870.86	1.02	NOT OK
K588, As 3 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	137.70	141.06	54.50	7180.60	1.15	NOT OK
K588, As 3 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	110.29	135.15	64.63	3883.07	0.71	OK
K588, As 4 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	220.08	48.09	101.80	3922.60	0.74	OK

Kolom lt1 (Elv +0.00 - +4.50)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 4 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	133.20	136.14	47.64	7380.55	1.17	NOT OK
K588, As 4 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	154.54	141.85	62.44	6860.51	1.13	NOT OK
K588, As 4 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	115.06	131.08	67.24	3836.90	0.71	OK
K588, As 5 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	196.80	53.71	84.66	10696.35	1.57	NOT OK
K588, As 5 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	174.01	137.06	70.50	7340.70	1.20	NOT OK
K588, As 5 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	85.45	147.13	54.30	4216.80	0.74	OK
K588, As 5 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	143.32	49.22	49.06	9866.96	1.41	NOT OK
K350, As 1' Join B'	187.13	187.13	344.40	2478.48	92.99	64.40	36.60	481.90	0.94	OK
K350, As 1' Join A'	187.13	187.13	344.40	2478.48	51.77	61.40	26.91	693.00	0.82	OK
K350, As 1' Join E	187.13	187.13	344.40	2478.48	53.80	61.40	26.90	693.25	0.83	OK
K350, As 1' Join F	187.13	187.13	344.40	2478.48	92.40	67.20	35.90	485.84	0.95	OK
K588, As 6 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	58.70	143.31	51.03	11290.20	1.60	NOT OK
K588, As 6 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	122.73	150.82	70.93	12400.00	1.80	NOT OK
K588, As 6 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	116.80	151.65	71.16	12188.70	1.77	NOT OK
K588, As 6 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	11.93	57.57	47.40	10431.10	1.37	NOT OK
K350, As 7 Join B'	187.13	187.13	344.40	2478.48	63.54	26.60	25.40	184.60	0.50	OK

Kolom lt1 (Elv +0.00 - +4.50)										
Nama Penampang	$\text{\O}M_{nx}$	$\text{\O}M_{ny}$	$\text{\O}V_n$	$\text{\O}P_n$	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K350, As 7 Join A'	187.13	187.13	344.40	2478.48	38.81	22.35	15.20	295.91	0.41	OK
K350, As 7 Join A	187.13	187.13	344.40	2478.48	13.54	24.15	10.90	256.10	0.28	OK
K350, As 7 Join B	187.13	187.13	344.40	2478.48	23.30	21.30	11.02	355.70	0.36	OK
K350, As 7 Join C	187.13	187.13	344.40	2478.48	22.70	20.70	10.90	329.04	0.34	OK
K350, As 7 Join D	187.13	187.13	344.40	2478.48	11.10	20.85	9.10	228.94	0.24	OK
K350, As 7 Join E	187.13	187.13	344.40	2478.48	39.43	22.53	15.60	295.35	0.41	OK
K350, As 7 Join F	187.13	187.13	344.40	2478.48	61.90	29.73	24.40	183.45	0.51	OK

Kolom lt2 (Elv +4.50 - +8.30)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 1 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	33.80	39.32	7.40	9258.91	1.23	NOT OK
K588, As 1 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	26.00	65.60	24.00	8999.80	1.21	NOT OK
K588, As 1 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	15.90	85.20	31.73	9428.35	1.27	NOT OK
K588, As 1 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	39.53	34.80	11.00	9401.00	1.25	NOT OK
K588, As 2 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	219.80	59.10	94.80	9163.22	1.40	NOT OK
K588, As 2 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	51.33	68.70	26.51	5182.10	0.76	OK
K588, As 2 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	126.55	56.40	53.85	6098.20	0.93	OK
K588, As 2 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	205.54	81.71	95.02	9256.97	1.42	NOT OK
K588, As 3 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	241.88	17.97	100.94	3636.90	0.69	OK
K588, As 3 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	105.44	59.70	48.82	6269.04	0.94	OK
K588, As 3 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	107.60	60.40	32.10	6570.40	0.98	OK
K588, As 3 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	195.44	49.90	82.98	3596.00	0.68	OK
K588, As 4 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	238.40	19.42	96.40	3637.74	0.69	OK
K588, As 4 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	87.05	60.70	20.95	6783.20	0.99	OK
K588, As 4 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	104.14	60.95	23.20	6254.21	0.93	OK

Kolom lt2 (Elv +4.50 - +8.30)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 4 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	191.52	48.10	78.34	3554.70	0.66	OK
K588, As 5 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	154.71	44.96	63.42	9242.03	1.34	NOT OK
K588, As 5 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	138.82	59.00	64.20	6621.69	1.01	NOT OK
K588, As 5 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	193.22	28.20	90.60	3821.83	0.68	OK
K588, As 5 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	71.10	59.50	22.80	8512.81	1.19	NOT OK
K350, As 1' Join B'	187.13	187.13	344.40	2478.48	151.63	75.88	72.30	179.97	1.25	NOT OK
K350, As 1' Join A'	187.13	187.13	344.40	2478.48	90.40	90.60	50.50	254.10	1.02	NOT OK
K350, As 1' Join E	187.13	187.13	344.40	2478.48	101.40	85.50	48.23	250.90	1.05	NOT OK
K350, As 1' Join F	187.13	187.13	344.40	2478.48	145.43	76.20	69.10	191.40	1.22	NOT OK
K588, As 6 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	57.22	76.13	25.54	9948.50	1.37	NOT OK
K588, As 6 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	296.30	64.74	134.97	10878.60	1.69	NOT OK
K588, As 6 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	312.85	41.30	137.85	10760.64	1.67	NOT OK
K588, As 6 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	48.70	70.20	24.90	9821.72	1.34	NOT OK
K350, As 7 Join B'	187.13	187.13	344.40	2478.48	102.70	25.51	48.80	60.91	0.70	OK
K350, As 7 Join A'	187.13	187.13	344.40	2478.48	63.70	12.81	30.71	94.90	0.43	OK
K350, As 7 Join A	187.13	187.13	344.40	2478.48	36.70	25.70	22.30	112.60	0.36	OK

Kolom lt2 (Elv +4.50 - +8.30)										
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset V_n$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K350, As 7 Join B	187.13	187.13	344.40	2478.48	57.70	39.25	33.30	178.60	0.55	OK
K350, As 7 Join C	187.13	187.13	344.40	2478.48	57.03	27.80	32.62	163.50	0.49	OK
K350, As 7 Join D	187.13	187.13	344.40	2478.48	28.70	19.30	17.14	103.90	0.28	OK
K350, As 7 Join E	187.13	187.13	344.40	2478.48	74.11	8.50	36.17	92.40	0.46	OK
K350, As 7 Join F	187.13	187.13	344.40	2478.48	100.70	27.71	47.94	59.80	0.70	OK

Kolom lt3 (Elv +8.30 - +12.10)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 1 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	23.99	37.60	15.40	7967.45	1.05	NOT OK
K588, As 1 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	30.30	57.12	26.14	7745.30	1.05	NOT OK
K588, As 1 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	32.30	69.40	33.60	8116.60	1.11	NOT OK
K588, As 1 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	39.90	38.74	14.35	8091.07	1.09	NOT OK
K588, As 2 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	135.97	89.54	73.50	7764.80	1.18	NOT OK
K588, As 2 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	55.50	66.20	31.30	4643.13	0.69	OK
K588, As 2 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	85.93	56.62	35.55	5455.30	0.81	OK
K588, As 2 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	165.50	89.30	87.34	7847.20	1.22	NOT OK
K588, As 3 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	146.95	55.70	71.80	3197.43	0.59	OK
K588, As 3 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	151.22	54.93	55.20	5690.14	0.90	OK
K588, As 3 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	63.31	55.50	23.70	5883.20	0.85	OK
K588, As 3 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	162.52	54.62	75.70	3196.05	0.60	OK
K588, As 4 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	151.80	55.50	77.90	3235.63	0.60	OK
K588, As 4 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	69.65	55.63	29.10	6060.50	0.87	OK
K588, As 4 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	100.40	57.10	24.60	5497.41	0.83	OK

Kolom lt3 (Elv +8.30 - +12.10)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K588, As 4 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	170.88	55.30	80.90	3168.64	0.60	OK
K588, As 5 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	175.42	87.40	96.81	7811.82	1.22	NOT OK
K588, As 5 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	161.40	53.20	75.50	5853.21	0.93	OK
K588, As 5 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	234.97	44.20	105.73	3368.44	0.68	OK
K588, As 5 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	99.33	83.93	42.10	7179.40	1.07	NOT OK
K588, As 6 Join A	972.09	972.09	986.40	7978.66	36.64	47.50	19.45	8599.97	1.15	NOT OK
K588, As 6 Join B	972.09	972.09	986.40	7978.66	250.54	66.80	132.98	9405.05	1.47	NOT OK
K588, As 6 Join C	972.09	972.09	986.40	7978.66	275.80	46.97	140.95	9380.45	1.47	NOT OK
K588, As 6 Join D	972.09	972.09	986.40	7978.66	20.65	50.17	19.88	8565.15	1.14	NOT OK

Kolom lt4 (Elv +12.10 - +15.90)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 1 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	10.70	20.30	12.21	6665.90	1.48	NOT OK
K600, As 1 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	17.20	40.10	24.50	6488.25	1.90	NOT OK
K600, As 1 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	18.90	51.40	31.05	6801.82	1.96	NOT OK
K600, As 1 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	23.60	20.34	10.65	6769.97	1.47	NOT OK
K600, As 2 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	130.62	63.99	76.60	6358.70	1.53	NOT OK
K600, As 2 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	44.81	45.53	27.10	4042.10	0.92	OK
K600, As 2 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	71.93	35.50	34.40	4753.90	1.09	NOT OK
K600, As 2 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	148.70	62.70	82.62	6429.03	1.57	NOT OK
K600, As 3 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	122.50	34.53	71.80	2809.99	0.78	OK
K600, As 3 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	109.88	33.75	19.90	4924.40	1.17	NOT OK
K600, As 3 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	33.20	33.20	19.62	5187.41	1.11	NOT OK
K600, As 3 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	115.90	33.73	63.90	2778.12	0.76	OK
K600, As 4 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	115.65	32.40	68.13	3950.60	0.99	OK
K600, As 4 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	54.03	34.71	28.93	5322.12	1.17	NOT OK
K600, As 4 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	98.34	34.98	29.92	4879.60	1.15	NOT OK

Kolom lt4 (Elv +12.10 - +15.90)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 4 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	116.83	31.50	61.73	2752.05	0.76	OK
K600, As 5 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	152.81	55.93	87.62	6402.10	1.56	NOT OK
K600, As 5 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	114.20	31.80	63.73	5138.80	1.22	NOT OK
K600, As 5 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	158.60	40.62	92.95	2950.30	0.87	OK
K600, As 5 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	75.43	54.10	40.20	5866.20	1.34	NOT OK
K600, As 6 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	23.70	26.41	14.54	7213.96	1.48	NOT OK
K600, As 6 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	204.51	38.90	23.13	7894.96	1.90	NOT OK
K600, As 6 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	224.90	47.11	124.20	7975.62	1.96	NOT OK
K600, As 6 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	11.20	17.70	11.80	7292.20	1.47	NOT OK

Kolom lt5 (Elv +15.90 - +19.70)										
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset V_n$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 1 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	10.10	23.90	8.40	5361.97	1.10	NOT OK
K600, As 1 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	14.50	45.05	23.42	5225.64	1.11	NOT OK
K600, As 1 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	22.05	59.80	30.51	5490.98	1.19	NOT OK
K600, As 1 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	21.34	23.06	9.10	5454.60	1.13	NOT OK
K600, As 2 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	143.60	62.20	72.82	4968.60	1.27	NOT OK
K600, As 2 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	49.20	45.20	23.50	3506.22	0.82	OK
K600, As 2 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	67.60	33.71	23.73	4100.77	0.95	OK
K600, As 2 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	161.60	61.76	85.98	5028.13	1.31	NOT OK
K600, As 3 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	130.60	33.30	61.60	2363.10	0.70	OK
K600, As 3 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	196.30	32.20	52.50	3037.44	0.93	OK
K600, As 3 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	33.60	29.80	15.64	4484.91	0.97	OK
K600, As 3 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	118.30	32.50	64.97	2361.42	0.68	OK
K600, As 4 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	124.10	30.03	64.40	2366.30	0.69	OK
K600, As 4 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	52.50	31.80	26.60	4618.63	1.03	NOT OK
K600, As 4 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	88.33	31.90	17.20	4118.50	0.98	OK

Kolom lt5 (Elv +15.90 - +19.70)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 4 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	112.04	32.44	66.40	2339.02	0.67	OK
K600, As 5 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	168.44	66.54	87.60	5011.82	1.33	NOT OK
K600, As 5 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	126.50	29.04	57.80	3203.40	0.86	OK
K600, As 5 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	199.90	43.73	96.10	2549.50	0.86	OK
K600, As 5 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	64.10	65.30	38.10	4568.88	1.08	NOT OK
K600, As 6 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	24.20	25.90	11.96	5842.96	1.21	NOT OK
K600, As 6 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	232.22	36.70	120.20	6397.72	1.65	NOT OK
K600, As 6 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	257.54	44.70	133.70	6582.06	1.73	NOT OK
K600, As 6 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	10.65	21.53	9.43	6027.53	1.22	NOT OK

Kolom lt6 (Elv +19.70 - +23.50)										
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset V_n$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 1 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	10.30	24.20	9.50	4069.53	0.85	OK
K600, As 1 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	16.92	50.22	22.90	3976.95	0.88	OK
K600, As 1 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	27.40	66.35	32.15	4177.07	0.95	OK
K600, As 1 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	25.60	21.70	10.90	4133.80	0.88	OK
K600, As 2 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	149.23	65.20	80.50	3587.43	1.02	NOT OK
K600, As 2 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	51.22	43.05	21.20	2903.03	0.71	OK
K600, As 2 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	59.45	29.96	29.90	3380.70	0.79	OK
K600, As 2 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	167.70	63.80	90.74	3636.22	1.05	NOT OK
K600, As 3 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	115.40	29.15	66.90	1952.50	0.60	OK
K600, As 3 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	193.41	29.65	42.64	2422.15	0.80	OK
K600, As 3 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	34.55	31.23	16.20	3767.30	0.83	OK
K600, As 3 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	125.10	27.72	66.40	1942.10	0.61	OK
K600, As 4 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	96.70	37.10	68.10	1945.40	0.58	OK
K600, As 4 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	61.92	26.60	33.20	3897.50	0.89	OK
K600, As 4 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	64.54	32.02	26.30	2440.50	0.62	OK

Kolom lt6 (Elv +19.70 - +23.50)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K600, As 4 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	129.72	41.74	64.05	1919.05	0.63	OK
K600, As 5 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	180.15	68.75	95.55	3624.91	1.08	NOT OK
K600, As 5 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	110.90	35.94	66.51	2655.53	0.74	OK
K600, As 5 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	174.72	52.20	105.71	2087.72	0.74	OK
K600, As 5 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	73.80	70.20	36.40	3274.12	0.85	OK
K600, As 6 Join A	599.11	599.11	933.90	5126.05	26.99	25.50	12.60	4450.72	0.95	OK
K600, As 6 Join B	599.11	599.11	933.90	5126.05	231.83	32.00	126.61	4911.94	1.35	NOT OK
K600, As 6 Join C	599.11	599.11	933.90	5126.05	259.96	44.15	142.50	5200.24	1.47	NOT OK
K600, As 6 Join D	599.11	599.11	933.90	5126.05	12.70	21.60	7.80	4742.90	0.98	OK

Kolom It7 (Elv +23.50 - +27.30)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 1 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	8.80	25.40	10.50	2986.40	0.71	OK
K500, As 1 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	16.70	46.80	23.40	2936.50	0.76	OK
K500, As 1 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	25.90	60.30	31.10	3080.80	0.83	OK
K500, As 1 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	22.92	13.30	9.70	3030.03	0.72	OK
K500, As 2 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	140.20	54.40	73.50	2718.88	0.97	OK
K500, As 2 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	39.35	43.50	21.85	2353.20	0.67	OK
K500, As 2 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	66.35	32.92	26.80	1915.13	0.61	OK
K500, As 2 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	151.99	53.32	80.01	2755.90	1.00	OK
K500, As 3 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	136.35	30.90	70.10	1524.34	0.66	OK
K500, As 3 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	72.30	28.72	24.72	1932.42	0.62	OK
K500, As 3 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	35.42	31.05	17.70	3030.51	0.78	OK
K500, As 3 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	114.96	30.70	59.60	1519.92	0.62	OK
K500, As 4 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	125.94	37.70	68.10	1523.40	0.65	OK
K500, As 4 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	56.63	26.30	21.60	3144.30	0.84	OK
K500, As 4 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	82.30	32.53	23.50	1891.13	0.63	OK

Kolom lt7 (Elv +23.50 - +27.30)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 4 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	107.94	41.10	58.96	1509.32	0.62	OK
K500, As 5 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	159.60	56.95	86.30	2752.50	1.02	NOT OK
K500, As 5 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	115.65	34.34	55.30	2066.95	0.74	OK
K500, As 5 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	167.53	50.10	85.35	1635.24	0.78	OK
K500, As 5 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	67.85	59.05	33.21	2492.12	0.79	OK
K500, As 6 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	28.11	15.30	12.66	3268.62	0.79	OK
K500, As 6 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	185.40	30.13	102.83	3649.50	1.21	NOT OK
K500, As 6 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	205.96	38.40	113.20	3828.21	1.31	NOT OK
K500, As 6 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	11.70	14.96	5.20	3449.90	0.80	OK

Kolom lt8 (Elv +27.30 - +31.10)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 1 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	6.20	16.88	8.33	1899.14	0.45	OK
K500, As 1 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	15.30	51.30	26.10	1899.10	0.54	OK
K500, As 1 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	24.02	65.90	33.92	1987.14	0.61	OK
K500, As 1 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	22.60	10.92	10.70	1923.71	0.48	OK
K500, As 2 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	150.66	49.95	79.40	1856.30	0.80	OK
K500, As 2 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	51.60	50.72	21.91	1219.43	0.46	OK
K500, As 2 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	62.54	36.50	34.40	1377.66	0.49	OK
K500, As 2 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	176.90	47.10	91.81	1880.90	0.85	OK
K500, As 3 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	102.30	34.10	70.80	1097.02	0.51	OK
K500, As 3 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	80.04	30.70	17.15	1393.80	0.52	OK
K500, As 3 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	35.90	29.70	14.20	2232.66	0.61	OK
K500, As 3 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	136.80	33.80	70.70	1095.40	0.57	OK
K500, As 4 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	138.85	40.10	70.10	1092.42	0.59	OK
K500, As 4 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	94.64	30.13	39.20	1556.45	0.58	OK
K500, As 4 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	66.66	34.84	19.13	1394.00	0.50	OK

Kolom lt8 (Elv +27.30 - +31.10)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 4 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	144.90	46.32	72.35	1084.50	0.61	OK
K500, As 5 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	180.34	48.53	93.33	1880.60	0.86	OK
K500, As 5 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	112.50	37.30	64.10	1506.82	0.62	OK
K500, As 5 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	172.83	56.34	95.30	1220.25	0.72	OK
K500, As 5 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	78.60	57.00	39.10	1711.66	0.64	OK
K500, As 6 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	23.10	8.10	11.81	2076.45	0.51	OK
K500, As 6 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	155.20	30.72	112.75	2393.30	0.88	OK
K500, As 6 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	234.81	43.93	122.72	2457.53	1.08	NOT OK
K500, As 6 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	9.96	8.40	4.20	2146.70	0.50	OK

Kolom lt9 (Elv +31.10 - +34.90)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 1 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	5.80	20.61	11.10	798.40	0.14	OK
K500, As 1 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	27.55	48.63	26.33	857.03	0.26	OK
K500, As 1 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	37.14	62.03	33.60	895.99	0.32	OK
K500, As 1 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	21.20	7.23	11.50	803.25	0.15	OK
K500, As 2 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	119.15	43.93	81.70	996.20	0.54	OK
K500, As 2 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	35.65	48.70	26.62	1167.75	0.42	OK
K500, As 2 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	85.60	32.63	41.80	891.40	0.36	OK
K500, As 2 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	176.73	41.30	93.77	1008.93	0.65	OK
K500, As 3 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	140.44	29.65	75.70	667.30	0.45	OK
K500, As 3 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	68.30	26.60	16.50	916.26	0.31	OK
K500, As 3 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	76.50	25.22	32.50	929.54	0.40	OK
K500, As 3 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	135.44	29.98	71.60	664.30	0.44	OK
K500, As 4 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	130.60	36.62	72.93	669.61	0.44	OK
K500, As 4 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	143.90	27.20	65.30	962.50	0.55	OK
K500, As 4 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	66.92	31.10	13.40	855.84	0.31	OK

Kolom lt9 (Elv +31.10 - +34.90)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 4 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	133.51	42.40	73.23	656.52	0.46	OK
K500, As 5 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	174.50	45.14	94.80	1015.60	0.65	OK
K500, As 5 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	125.90	31.90	61.35	910.74	0.45	OK
K500, As 5 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	197.54	53.04	98.62	197.53	0.58	OK
K500, As 5 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	52.85	53.70	29.10	935.81	0.41	OK
K500, As 6 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	25.11	6.30	13.65	873.60	0.16	OK
K500, As 6 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	212.24	27.70	113.40	1142.34	0.72	OK
K500, As 6 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	229.80	38.43	122.60	1091.55	0.77	OK
K500, As 6 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	8.90	5.70	5.00	836.50	0.12	OK

Kolom It10 (Elv +34.90 - +38.70)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 1 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	21.40	18.70	8.50	30.90	0.09	OK
K500, As 1 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	108.84	63.97	41.20	158.51	0.40	OK
K500, As 1 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	101.80	68.15	36.45	162.13	0.40	OK
K500, As 1 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	24.10	10.32	12.90	37.40	0.08	OK
K500, As 2 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	141.80	33.52	81.43	215.00	0.41	OK
K500, As 2 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	139.20	48.99	62.50	355.70	0.46	OK
K500, As 2 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	131.20	47.24	52.72	351.50	0.43	OK
K500, As 2 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	156.70	32.65	87.83	225.15	0.45	OK
K500, As 3 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	118.90	31.61	66.50	235.24	0.36	OK
K500, As 3 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	139.80	22.40	79.81	364.99	0.40	OK
K500, As 3 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	134.99	23.75	52.55	375.80	0.39	OK
K500, As 3 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	116.30	31.65	66.20	232.93	0.35	OK
K500, As 4 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	122.84	40.51	68.72	238.85	0.39	OK
K500, As 4 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	131.70	22.92	55.90	357.10	0.38	OK
K500, As 4 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	128.50	29.10	33.20	366.60	0.39	OK

Kolom lt10 (Elv +34.90 - +38.70)										
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØVn	ØPn	Mux	Muy	Vult	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN	kN.m	kN.m	kN	kN		
K500, As 4 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	115.90	50.15	65.30	223.61	0.39	OK
K500, As 5 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	164.90	36.51	89.55	221.84	0.47	OK
K500, As 5 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	130.71	35.40	70.50	343.25	0.41	OK
K500, As 5 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	155.45	40.95	87.40	293.97	0.47	OK
K500, As 5 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	136.30	47.72	62.30	213.40	0.43	OK
K500, As 6 Join A	449.46	449.46	702.00	4645.15	26.40	8.97	12.80	27.60	0.08	OK
K500, As 6 Join B	449.46	449.46	702.00	4645.15	192.50	20.32	105.30	260.53	0.50	OK
K500, As 6 Join C	449.46	449.46	702.00	4645.15	212.43	23.90	110.90	216.55	0.55	OK
K500, As 6 Join D	449.46	449.46	702.00	4645.15	16.80	8.40	6.91	18.54	0.06	OK

Rekapitulasi Kapasitas Perkuatan Balok

Balok It2				
Nama Penampang	$\emptyset M_n$	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF396, As A' Join 5-1'	338.92	231.83	0.68	OK
WF396, As E Join 5-1'	338.92	231.40	0.68	OK
WF500, As 5 Join B-C	840.78	475.08	0.57	OK
WF396, As 1' Join B'-A'	338.92	264.75	0.78	OK
WF396, As 1' Join E-F	338.92	269.93	0.80	OK
WF500, As 6 Join B-C	840.78	534.12	0.64	OK
WF298, As 7 Join B-C	214.21	163.90	0.77	OK

Balok lt3				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF500, As 4 Join B-E'	879.2325	439.71	0.50	OK
WF500, As 4 Join F'-C	879.2325	545.45	0.62	OK
WF500, As 5 Join B-C	840.78	550.88	0.66	OK
WF500, As 6 Join B-C	840.78	532.6	0.63	OK
WF298, As 7 Join B-C	214.21	160.85	0.75	OK

Balok lt4				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF500, As 3 Join B-E'	779.1975	616.73	0.79	OK
WF500, As 4 Join B-E'	779.1975	436.5	0.56	OK
WF500, As 5 Join B-C	847.3199	471.85	0.56	OK
WF500, As 6 Join B-C	847.3199	499.5	0.59	OK

Balok lt5				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF500, As 4 Join F'-C	779.1975	536.61	0.69	OK
WF500, As 5 Join B-C	847.3199	544.85	0.64	OK
WF500, As 6 Join B-C	847.3199	503.97	0.59	OK

Balok lt6				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF500, As 3 Join B-E'	779.1975	759.005	0.97	OK
WF500, As 4 Join B-E'	779.1975	433.9	0.56	OK
WF500, As 5 Join B-C	847.3199	468.31	0.55	OK
WF500, As 6 Join B-C	847.3199	503.5	0.59	OK

Balok lt7				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF500, As 4 Join B-E'	779.1975	449.3	0.58	OK
WF500, As 4 Join F'-C	779.1975	569.3	0.73	OK
WF500, As 5 Join B-C	847.3199	541.2	0.64	OK
WF500, As 6 Join B-C	847.3199	504.8	0.60	OK

Balok lt8				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 2 Join C-D	573.66	355.11	0.62	OK
WF450, As 3 Join A-B	573.66	388.66	0.68	OK
WF450, As 3 Join B-E'	823.6125	521.45	0.63	OK
WF450, As 3 Join F'-C	823.6125	444.01	0.54	OK
WF450, As 3 Join C-D	573.66	381.06	0.66	OK
WF450, As 4 Join A-B	573.66	372.2	0.65	OK

Balok lt8				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 4 Join B-E'	823.6125	436.5	0.53	OK
WF450, As 4 Join C-D	573.66	363.7	0.63	OK
WF450, As 5 Join A-B	573.66	371.54	0.65	OK
WF500, As 5 Join B-C	717.6384	477.2	0.66	OK
WF500, As 6 Join B-C	717.6384	511.7	0.71	OK

Balok lt9				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 2 Join C-D	573.66	372.23	0.65	OK
WF450, As 3 Join A-B	573.66	378.61	0.66	OK
WF450, As 3 Join F'-C	823.6125	436.8	0.53	OK
WF450, As 3 Join C-D	573.66	382.6	0.67	OK
WF450, As 4 Join A-B	573.66	385.72	0.67	OK
WF450, As 4 Join B-E'	823.6125	625.5	0.76	OK
WF450, As 4 Join F'-C	823.6125	462.12	0.56	OK

Balok lt9				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 4 Join C-D	573.66	398.8	0.70	OK
WF450, As 5 Join A-B	573.66	372.3	0.65	OK
WF500, As 5 Join B-C	717.6384	549.95	0.77	OK
WF500, As 6 Join B-C	717.6384	511.42	0.71	OK

Balok lt10				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 2 Join C-D	573.66	360.8	0.63	OK
WF450, As 3 Join A-B	573.66	375.7	0.65	OK
WF450, As 3 Join B-E'	823.6125	521.45	0.63	OK
WF450, As 3 Join F'-C	823.6125	513.6	0.62	OK
WF450, As 3 Join C-D	573.66	372.23	0.65	OK
WF450, As 4 Join A-B	573.66	373	0.65	OK
WF450, As 4 Join B-E'	823.6125	555.8	0.67	OK
WF450, As 4 Join C-D	573.66	364.6	0.64	OK

Balok lt10				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF450, As 5 Join A-B	573.66	372.6	0.65	OK
WF500, As 5 Join B-C	717.6384	479.3	0.67	OK
WF500, As 6 Join B-C	717.6384	510.77	0.71	OK

Balok atap				
Nama Penampang	ØMn	Mult	Moment D/C Ratio	Moment Check
	kN.m	kN.m		
WF396, As 3 Join C-D	445.2525	239.75	0.54	OK
WF396, As 4 Join C-D	445.2525	240.15	0.54	OK

Rekapitulasi Kapasitas Perkuatan Kolom

Kolom lt1 (Elv +0.00 - +4.50)								
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN		
K588, As 1 Join A	2554	2554	14514	30	135	10554	0.78	OK
K588, As 1 Join B	2554	2554	14514	29	129	10249	0.76	OK
K588, As 1 Join C	2554	2554	14514	31	130	10737	0.80	OK
K588, As 1 Join D	2554	2554	14514	26	134	10707	0.79	OK
K588, As 2 Join A	2554	2554	14514	103	150	10508	0.81	OK
K588, As 2 Join C	2554	2554	14514	130	60.8	6739	0.53	OK
K588, As 2 Join D	2554	2554	14514	100	152	10616	0.82	OK
K588, As 3 Join B	2554	2554	14514	124	53.4	6871	0.54	OK
K588, As 3 Join C	2554	2554	14514	138	141	7181	0.59	OK
K588, As 4 Join B	2554	2554	14514	133	136	7381	0.60	OK
K588, As 4 Join C	2554	2554	14514	155	142	6861	0.58	OK
K588, As 5 Join A	2554	2554	14514	197	53.7	10696	0.82	OK
K588, As 5 Join B	2554	2554	14514	174	137	7341	0.61	OK

Kolom lt1 (Elv +0.00 - +4.50)								
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Pult	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN		
K588, As 5 Join D	2554	2554	14514	143	49.2	9867	0.75	OK
K588, As 6 Join A	2554	2554	14514	59	143	11290	0.85	OK
K588, As 6 Join B	2554	2554	14514	123	151	12400	0.95	OK
K588, As 6 Join C	2554	2554	14514	117	152	12189	0.93	OK
K588, As 6 Join D	2554	2554	14514	12	57.6	10431	0.74	OK

Kolom lt2 (Elv +4.50 - +8.30)											
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	M_{ux}	M_{uy}	P_{ult}	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K588, As 1 Join A	2554	2554	14514	33.8	39.3	9259	0.01	0.02	0.64	0.66	OK
K588, As 1 Join B	2554	2554	14514	26	65.6	9000	0.01	0.03	0.62	0.65	OK
K588, As 1 Join C	2554	2554	14514	15.9	85.2	9428	0.01	0.03	0.65	0.68	OK
K588, As 1 Join D	2554	2554	14514	39.5	34.8	9401	0.02	0.01	0.65	0.67	OK
K588, As 2 Join A	2554	2554	14514	220	59.1	9163	0.09	0.02	0.63	0.73	OK
K588, As 2 Join D	2554	2554	14514	206	81.7	9257	0.08	0.03	0.64	0.74	OK
K588, As 5 Join A	2554	2554	14514	155	45	9242	0.06	0.02	0.64	0.71	OK
K588, As 5 Join B	2554	2554	14514	139	59	6622	0.05	0.02	0.46	0.53	OK
K588, As 5 Join D	2554	2554	14514	71.1	59.5	8513	0.03	0.02	0.59	0.63	OK
K350, As 1' Join B'	466	466	4399	152	75.9	180	0.33	0.16	0.04	0.47	OK
K350, As 1' Join A'	466	466	4399	90.4	90.6	254.1	0.19	0.19	0.06	0.40	OK
K350, As 1' Join E	466	466	4399	101	85.5	250.9	0.22	0.18	0.06	0.41	OK
K350, As 1' Join F	466	466	4399	145	76.2	191.4	0.31	0.16	0.04	0.47	OK
K588, As 6 Join A	2554	2554	14514	57.2	76.1	9949	0.02	0.03	0.69	0.73	OK
K588, As 6 Join B	2554	2554	14514	296	64.7	10879	0.12	0.03	0.75	0.88	OK

Kolom lt2 (Elv +4.50 - +8.30)											
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	M_{ux}	M_{uy}	P_{ult}	M_x D/C Ratio	M_y D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K588, As 6 Join C	2554	2554	14514	313	41.3	10761	0.12	0.02	0.74	0.86	OK
K588, As 6 Join D	2554	2554	14514	48.7	70.2	9822	0.02	0.03	0.68	0.72	OK

Kolom lt3 (Elv +8.30 - +12.10)											
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØPn	Mux	Muy	Pult	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K588, As 1 Join A	2554	2554	14514	24	37.6	7967	0.01	0.01	0.55	0.57	OK
K588, As 1 Join B	2554	2554	14514	30.3	57.1	7745	0.01	0.02	0.53	0.56	OK
K588, As 1 Join C	2554	2554	14514	32.3	69.4	8117	0.01	0.03	0.56	0.59	OK
K588, As 1 Join D	2554	2554	14514	39.9	38.7	8091	0.02	0.02	0.56	0.58	OK
K588, As 2 Join A	2554	2554	14514	136	89.5	7765	0.05	0.04	0.53	0.61	OK
K588, As 2 Join D	2554	2554	14514	166	89.3	7847	0.06	0.03	0.54	0.63	OK
K588, As 5 Join A	2554	2554	14514	175	87.4	7812	0.07	0.03	0.54	0.63	OK
K588, As 5 Join D	2554	2554	14514	99.3	83.9	7179	0.04	0.03	0.49	0.56	OK
K588, As 6 Join A	2554	2554	14514	36.6	47.5	8600	0.01	0.02	0.59	0.62	OK
K588, As 6 Join B	2554	2554	14514	251	66.8	9405	0.10	0.03	0.65	0.76	OK
K588, As 6 Join C	2554	2554	14514	276	47	9380	0.11	0.02	0.65	0.76	OK
K588, As 6 Join D	2554	2554	14514	20.6	50.2	8565	0.01	0.02	0.59	0.61	OK

Kolom lt4 (Elv +12.10 - +15.90)											
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØPn	Mux	Muy	Pult	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K600, As 1 Join A	1688	1688	9535	10.7	20.3	6666	0.01	0.01	0.70	0.72	OK
K600, As 1 Join B	1688	1688	9535	17.2	40.1	6488	0.01	0.02	0.68	0.71	OK
K600, As 1 Join C	1688	1688	9535	18.9	51.4	6802	0.01	0.03	0.71	0.75	OK
K600, As 1 Join D	1688	1688	9535	23.6	20.3	6770	0.01	0.01	0.71	0.73	OK
K600, As 2 Join A	1688	1688	9535	131	64	6359	0.08	0.04	0.67	0.77	OK
K600, As 2 Join C	1688	1688	9535	71.9	35.5	4754	0.04	0.02	0.50	0.56	OK
K600, As 2 Join D	1688	1688	9535	149	62.7	6429	0.09	0.04	0.67	0.79	OK
K600, As 3 Join B	1688	1688	9535	110	33.8	4924	0.07	0.02	0.52	0.59	OK
K600, As 3 Join C	1688	1688	9535	33.2	33.2	5187	0.02	0.02	0.54	0.58	OK
K600, As 4 Join B	1688	1688	9535	54	34.7	5322	0.03	0.02	0.56	0.60	OK
K600, As 4 Join C	1688	1688	9535	98.3	35	4880	0.06	0.02	0.51	0.58	OK
K600, As 5 Join A	1688	1688	9535	153	55.9	6402	0.09	0.03	0.67	0.78	OK
K600, As 5 Join B	1688	1688	9535	114	31.8	5139	0.07	0.02	0.54	0.62	OK
K600, As 5 Join D	1688	1688	9535	75.4	54.1	5866	0.04	0.03	0.62	0.68	OK
K600, As 6 Join A	1688	1688	9535	23.7	26.4	7214	0.01	0.02	0.76	0.78	OK

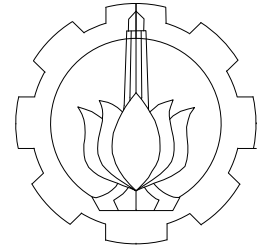
Kolom lt4 (Elv +12.10 - +15.90)											
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	Mux	Muy	Pult	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K600, As 6 Join B	1688	1688	9535	205	38.9	7895	0.12	0.02	0.83	0.96	OK
K600, As 6 Join C	1688	1688	9535	225	47.1	7976	0.13	0.03	0.84	0.98	OK
K600, As 6 Join D	1688	1688	9535	11.2	17.7	7292	0.01	0.01	0.76	0.78	OK

Kolom lt5 (Elv +15.90 - +19.70)											
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØPn	Mux	Muy	Pult	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K600, As 1 Join A	1688	1688	9535	10.1	23.9	5362	0.01	0.01	0.56235	0.58025	OK
K600, As 1 Join B	1688	1688	9535	14.5	45.1	5226	0.01	0.03	0.54805	0.579404	OK
K600, As 1 Join C	1688	1688	9535	22	59.8	5491	0.01	0.04	0.57588	0.618971	OK
K600, As 1 Join D	1688	1688	9535	21.3	23.1	5455	0.01	0.01	0.57206	0.59544	OK
K600, As 2 Join A	1688	1688	9535	144	62.2	4969	0.09	0.04	0.52109	0.629448	OK
K600, As 2 Join D	1688	1688	9535	162	61.8	5028	0.10	0.04	0.52734	0.644936	OK
K600, As 4 Join B	1688	1688	9535	52.5	31.8	4619	0.03	0.02	0.48439	0.528773	OK
K600, As 5 Join A	1688	1688	9535	168	66.5	5012	0.10	0.04	0.52563	0.649344	OK
K600, As 5 Join D	1688	1688	9535	64.1	65.3	4569	0.04	0.04	0.47917	0.547301	OK
K600, As 6 Join A	1688	1688	9535	24.2	25.9	5843	0.01	0.02	0.61279	0.639171	OK
K600, As 6 Join B	1688	1688	9535	232	36.7	6398	0.14	0.02	0.67098	0.812563	OK
K600, As 6 Join C	1688	1688	9535	258	44.7	6582	0.15	0.03	0.69031	0.849439	OK
K600, As 6 Join D	1688	1688	9535	10.7	21.5	6028	0.01	0.01	0.63215	0.649094	OK

Kolom lt6 (Elv +19.70 - +23.50)											
Nama Penampang	ØMnx	ØMny	ØPn	Mux	Muy	Pult	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K600, As 2 Join A	1688	1688	9535	149	65.2	3587	0.09	0.04	0.37624	0.489138	OK
K600, As 2 Join D	1688	1688	9535	168	63.8	3636	0.10	0.04	0.38136	0.503242	OK
K600, As 5 Join A	1688	1688	9535	180	68.8	3625	0.11	0.04	0.38017	0.511217	OK
K600, As 6 Join B	1688	1688	9535	232	32	4912	0.14	0.02	0.51515	0.654058	OK
K600, As 6 Join C	1688	1688	9535	260	44.2	5200	0.15	0.03	0.54539	0.705502	OK

Kolom It7 (Elv +23.50 - +27.30)											
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	M_{ux}	M_{uy}	P_{ult}	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K500, As 5 Join A	1252	1252	8665	160	57	2753	0.13	0.05	0.317673	0.471433	OK
K500, As 6 Join B	1252	1252	8665	185	30.1	3650	0.15	0.02	0.421198	0.574234	OK
K500, As 6 Join C	1252	1252	8665	206	38.4	3828	0.16	0.03	0.441824	0.61533	OK

Kolom It8 (Elv +27.30 - +31.10)											
Nama Penampang	$\emptyset M_{nx}$	$\emptyset M_{ny}$	$\emptyset P_n$	M_{ux}	M_{uy}	P_{ult}	Mx D/C Ratio	My D/C Ratio	Axial D/C Ratio	Comb D/C Ratio	Check
	kN.m	kN.m	kN	kN.m	kN.m	kN					
K500, As 6 Join C	1252	1252	8665	235	43.9	2458	0.19	0.04	0.28363	0.481548	OK



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

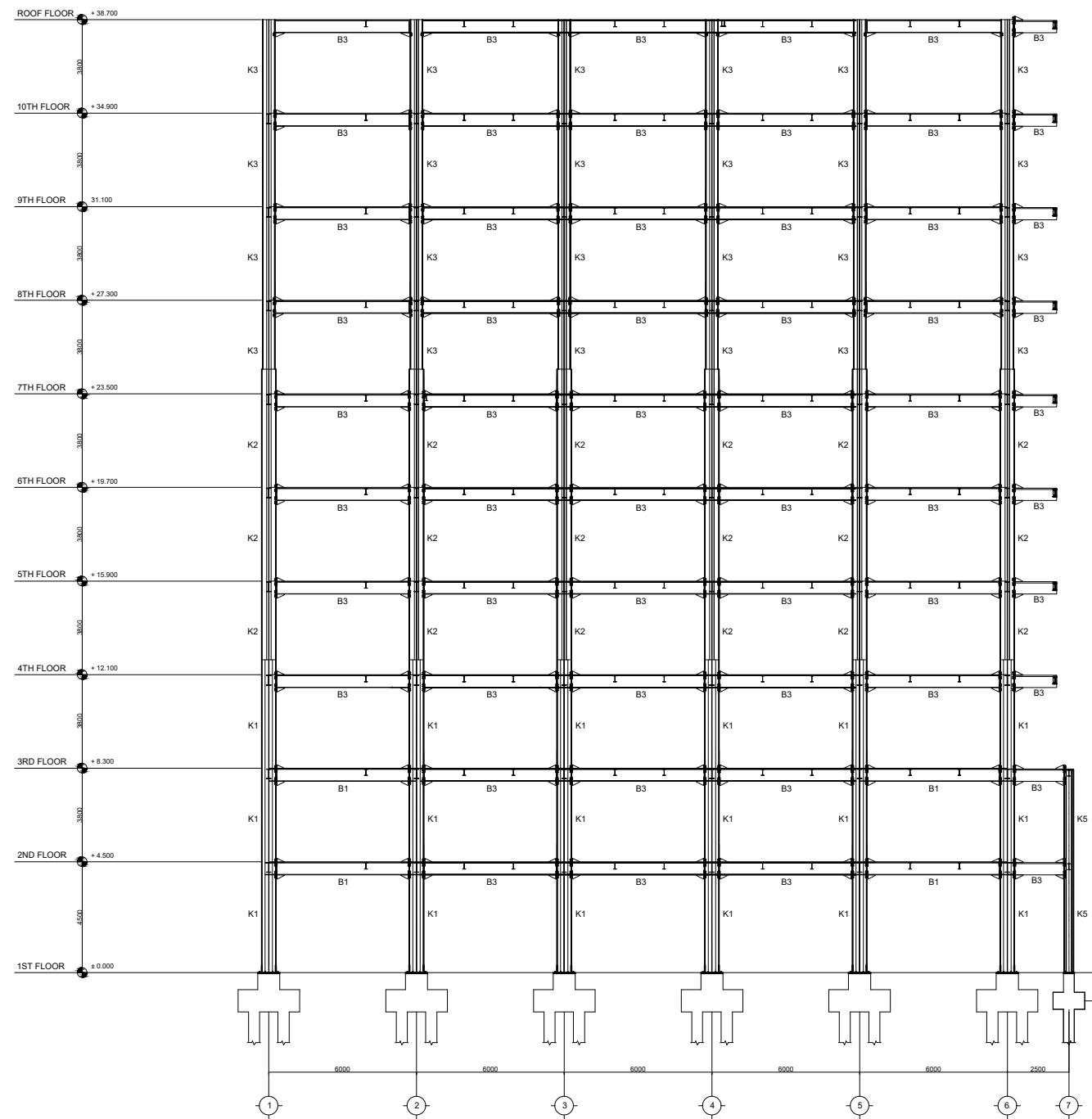
NAMA GAMBAR

Portal C

KETERANGAN

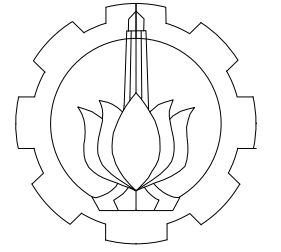
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



PORTAL C
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	20	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

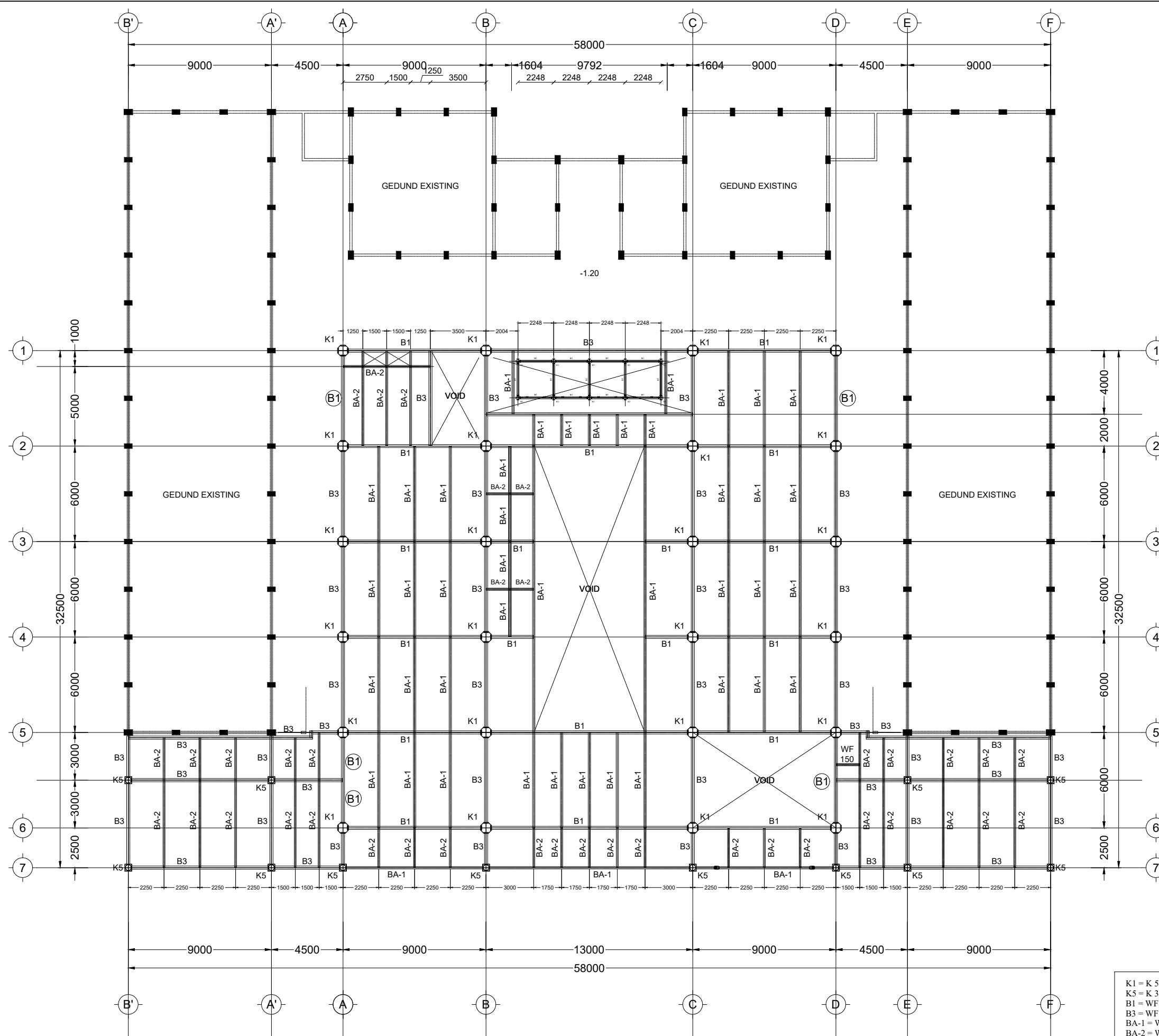
DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.2

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

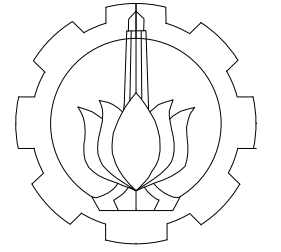
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	1	52
-----	---	----



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.2

SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

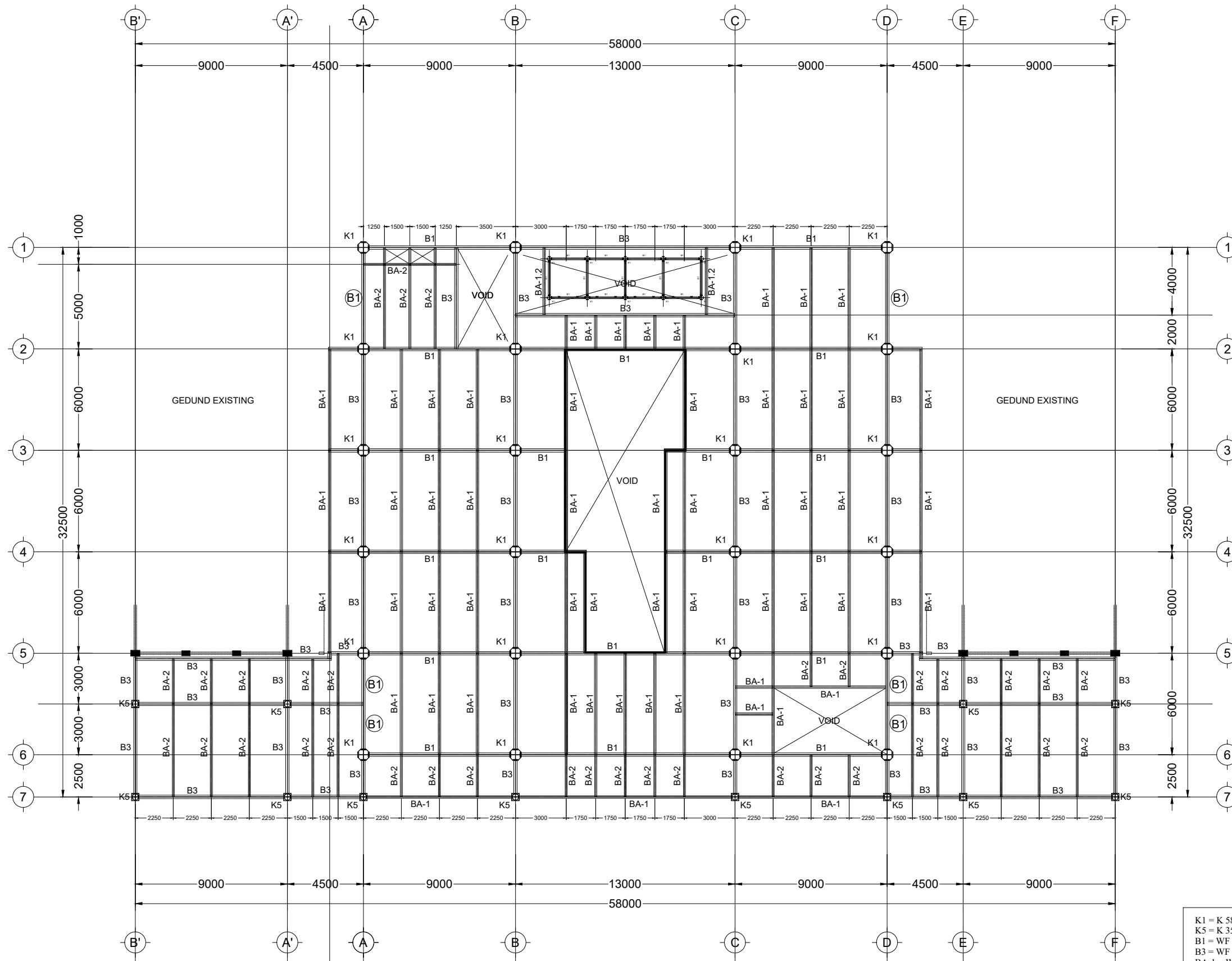
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.3

KETERANGAN

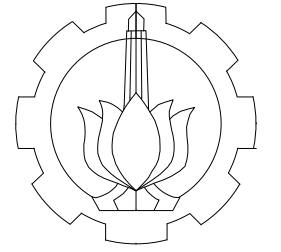
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.3
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	2	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

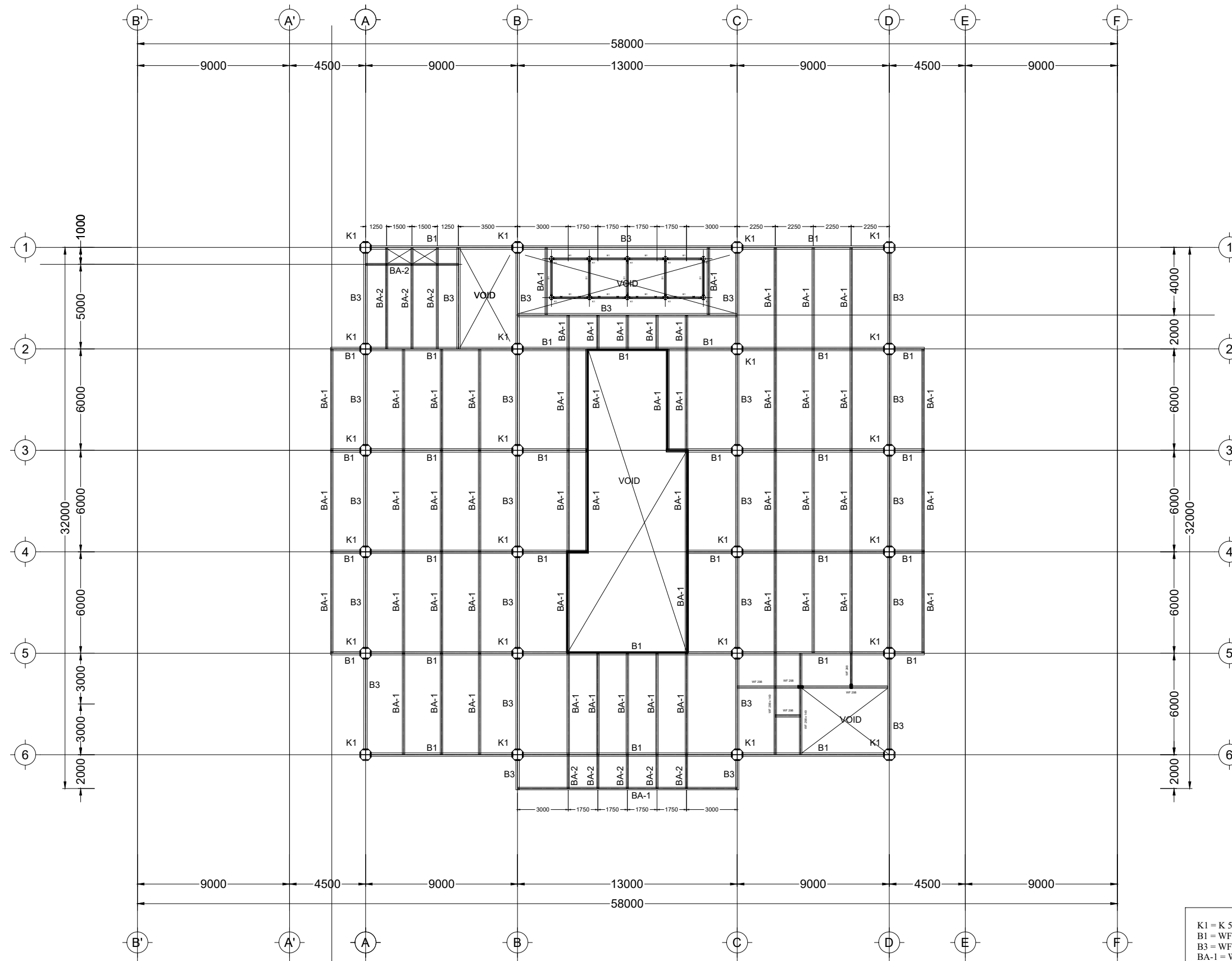
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.4

KETERANGAN

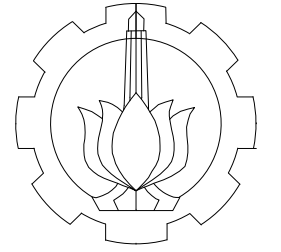
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.4
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	3	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

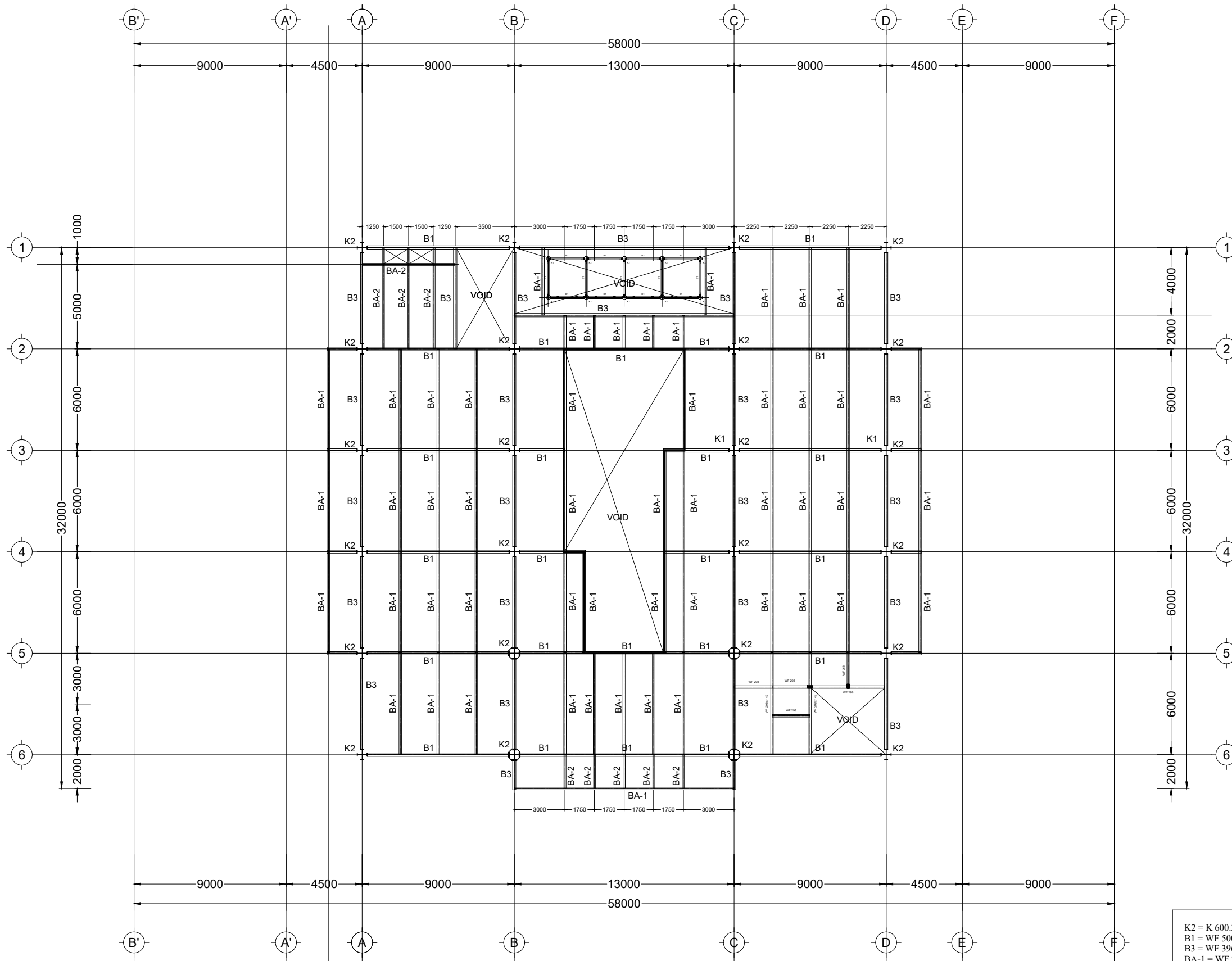
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.5

KETERANGAN

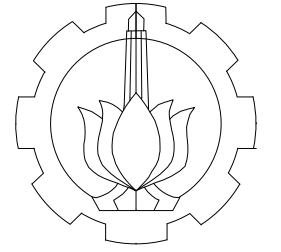
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	4	52



K2 = K 600.200.11.17
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8

DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.5
 SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

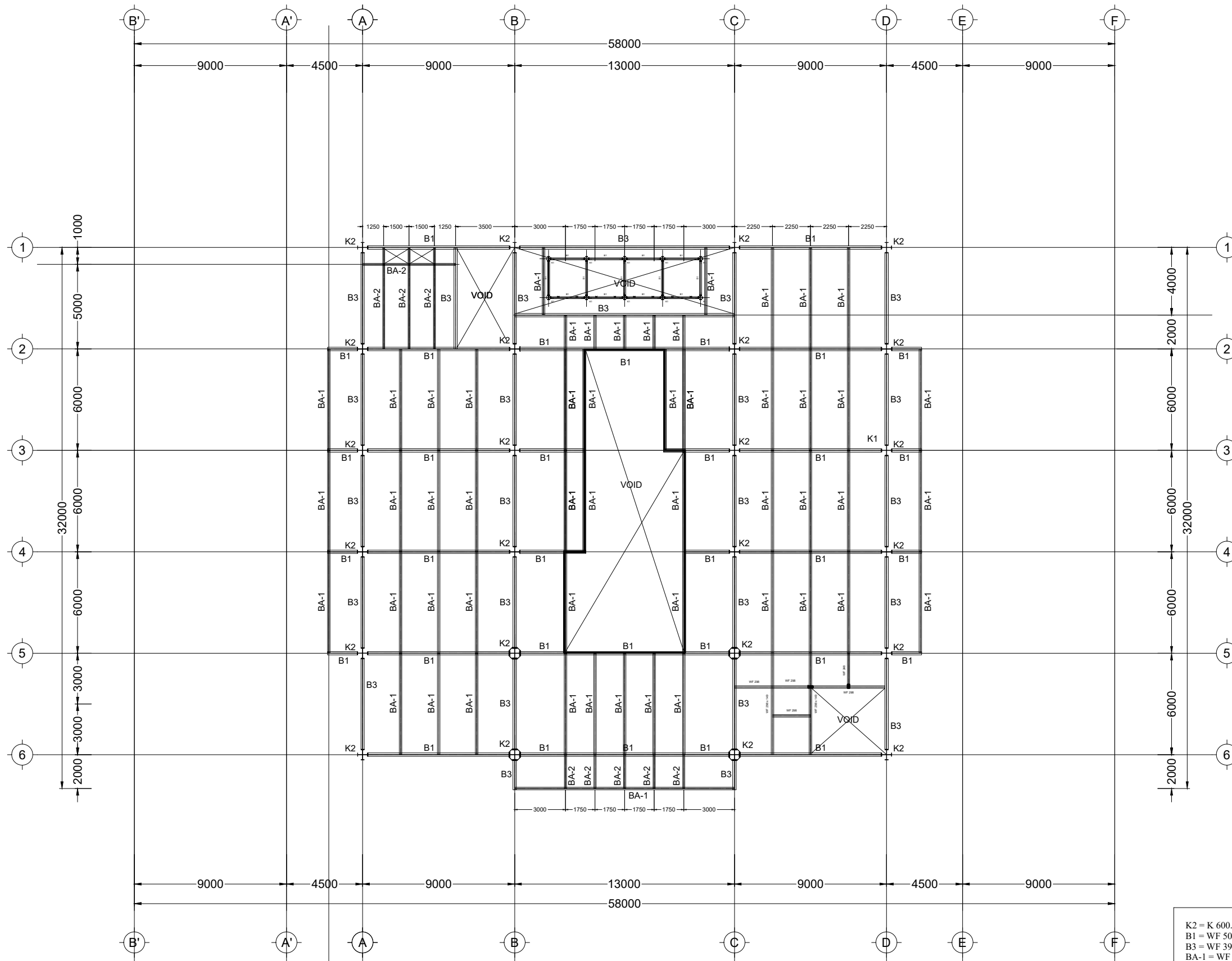
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.6

KETERANGAN

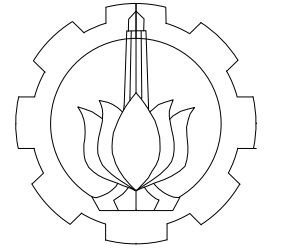
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K2 = K 600.200.11.17
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5,8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.6
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	5	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

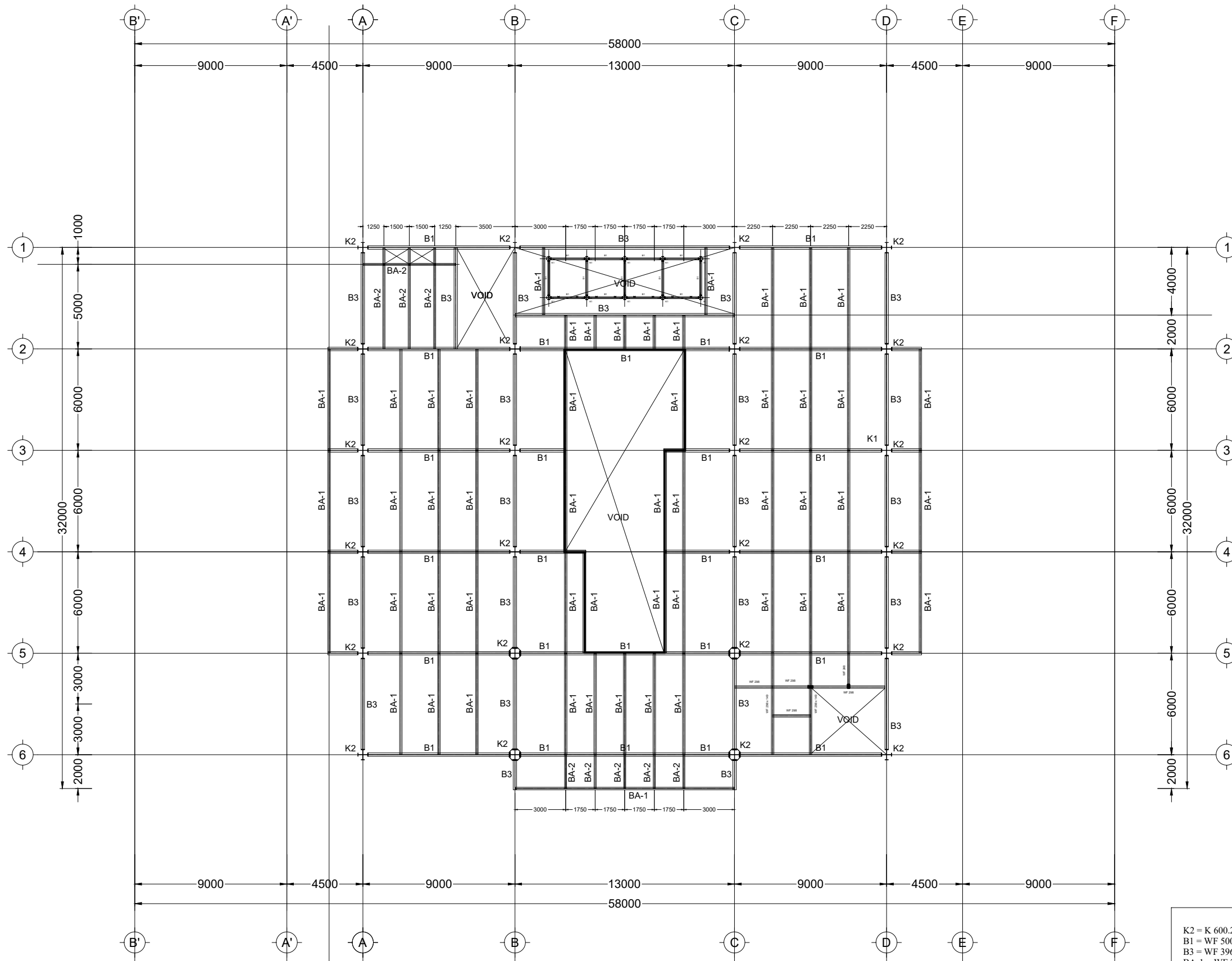
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.7

KETERANGAN

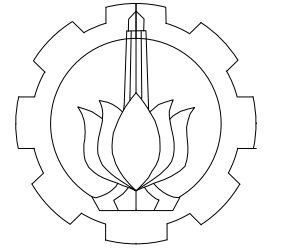
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K2 = K 600.200.11.17
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.7
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	6	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

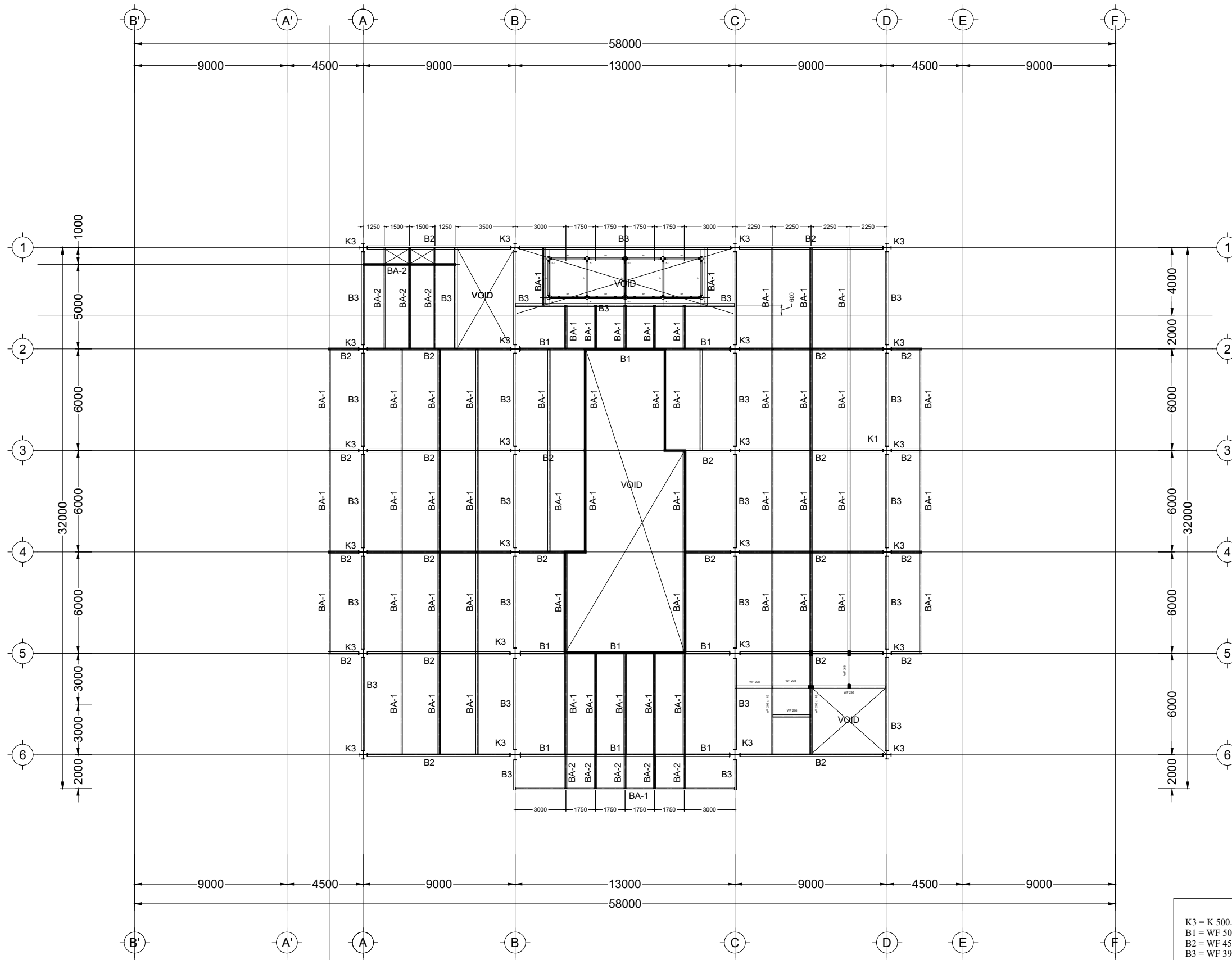
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.8

KETERANGAN

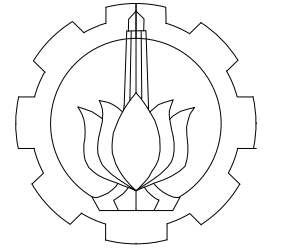
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K3 = K 500.200.11.16
 B1 = WF 500.200.11.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.8
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	7	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

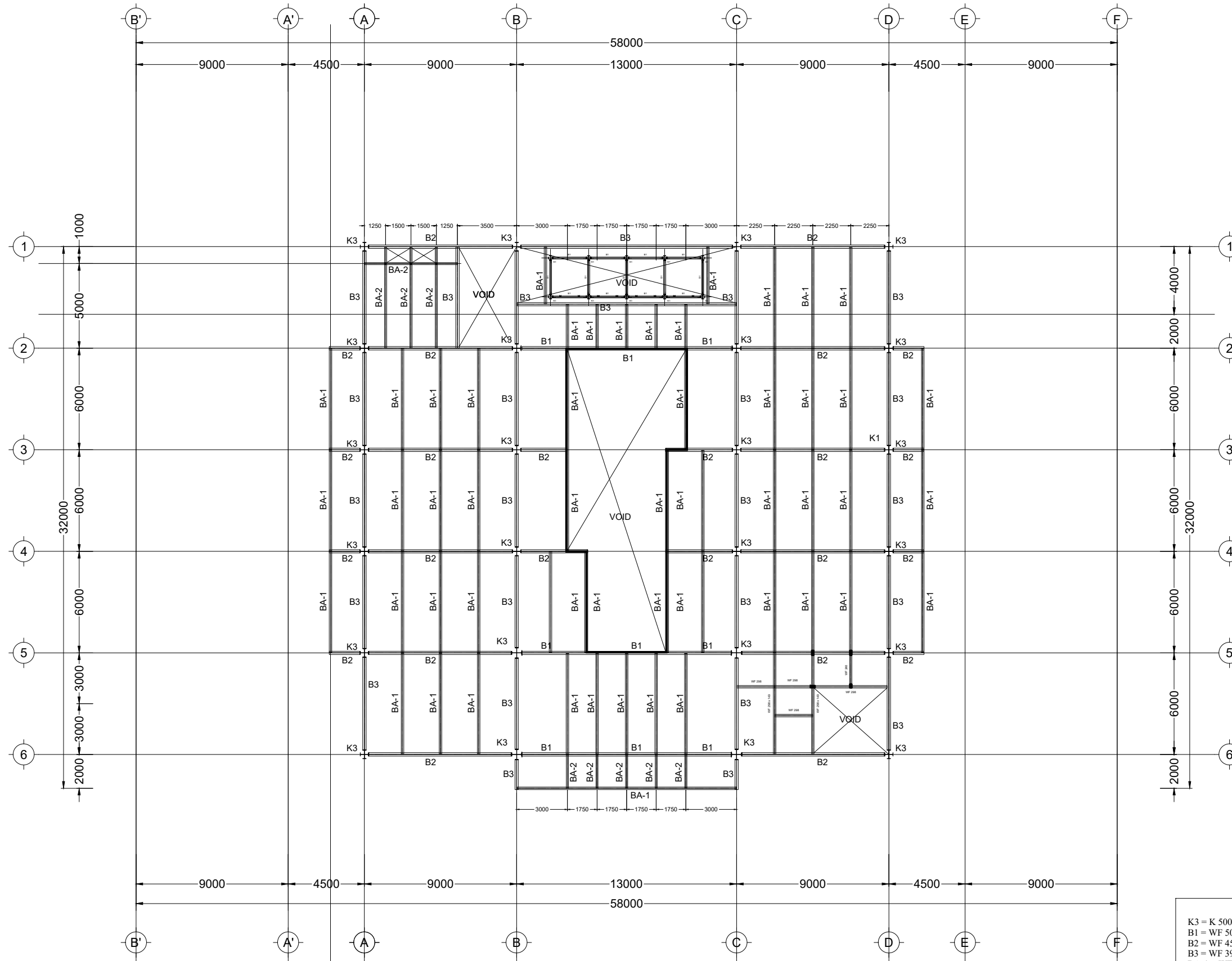
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.9

KETERANGAN

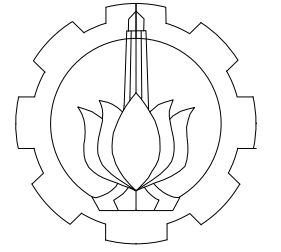
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K3 = K 500.200.11.16
 B1 = WF 500.200.11.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.9
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	8	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

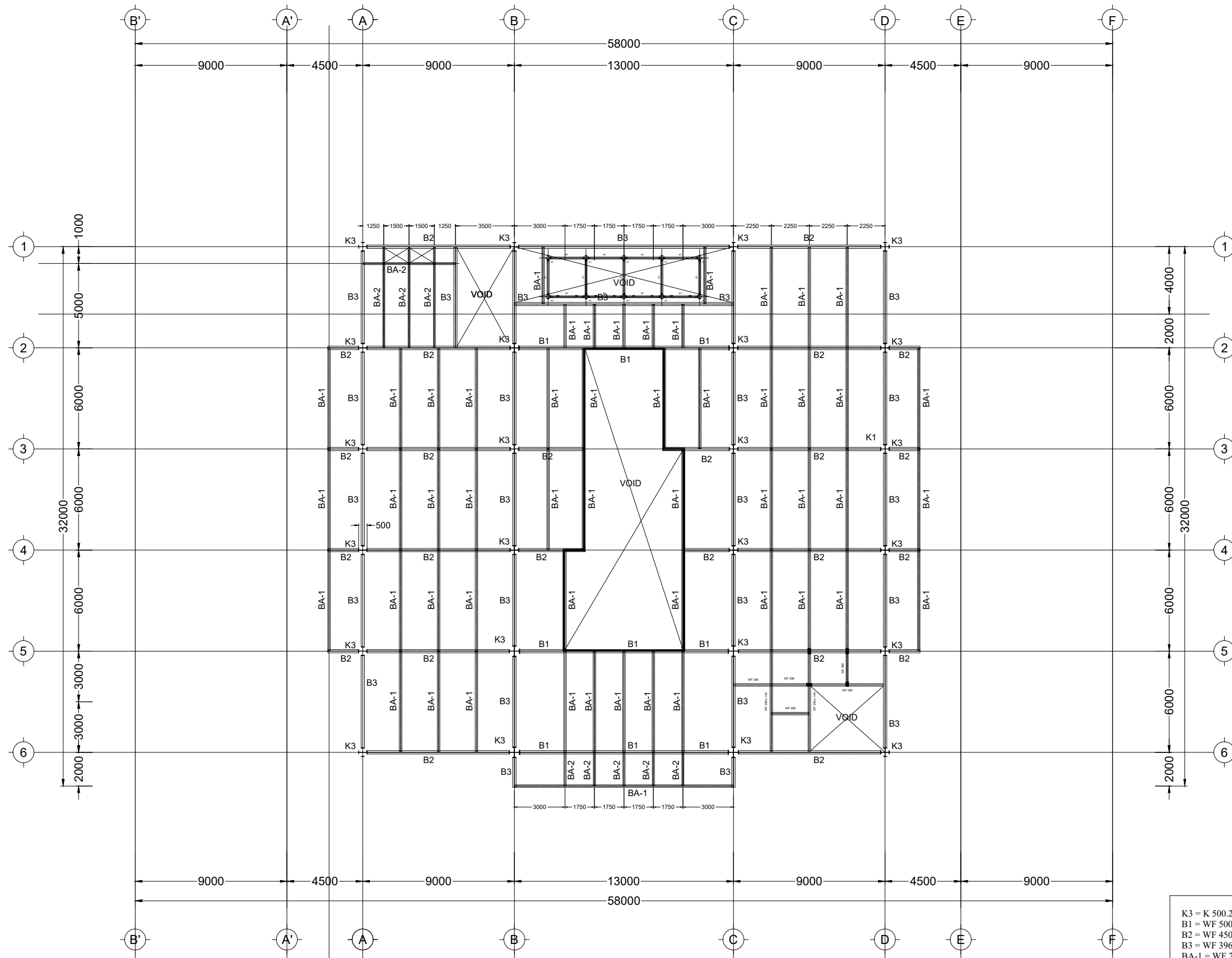
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt.10

KETERANGAN

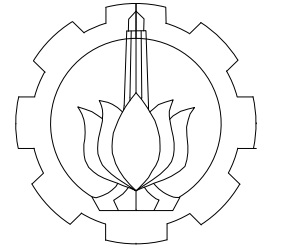
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K3 = K 500.200.11.16
 B1 = WF 500.200.11.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt.10
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	9	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

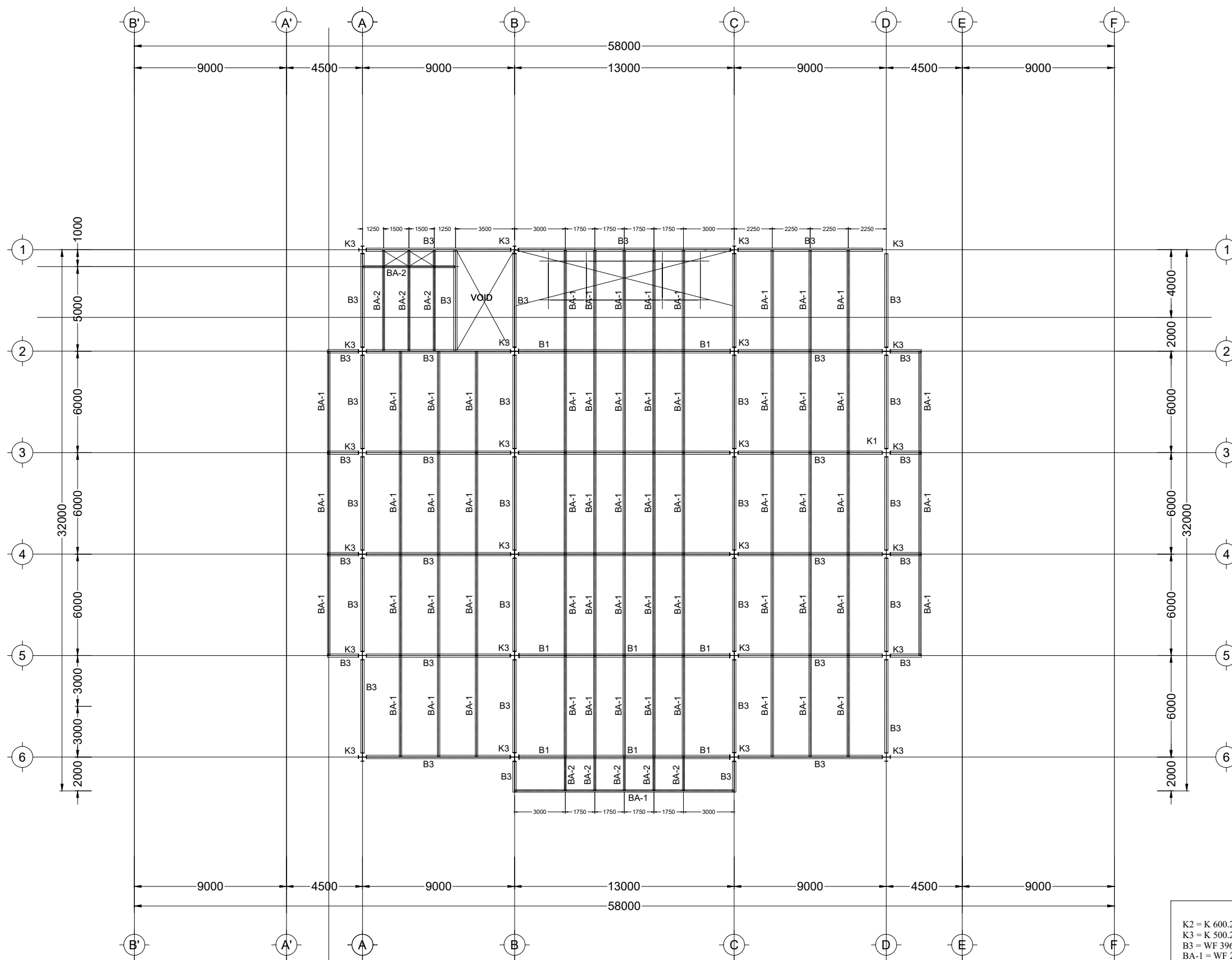
NAMA GAMBAR

DENAH BALOK DAN
 KOLOM Lt. ATAP

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

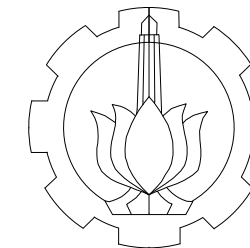
K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8



DENAH BALOK DAN KOLOM Lt. ATAP

SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	10	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

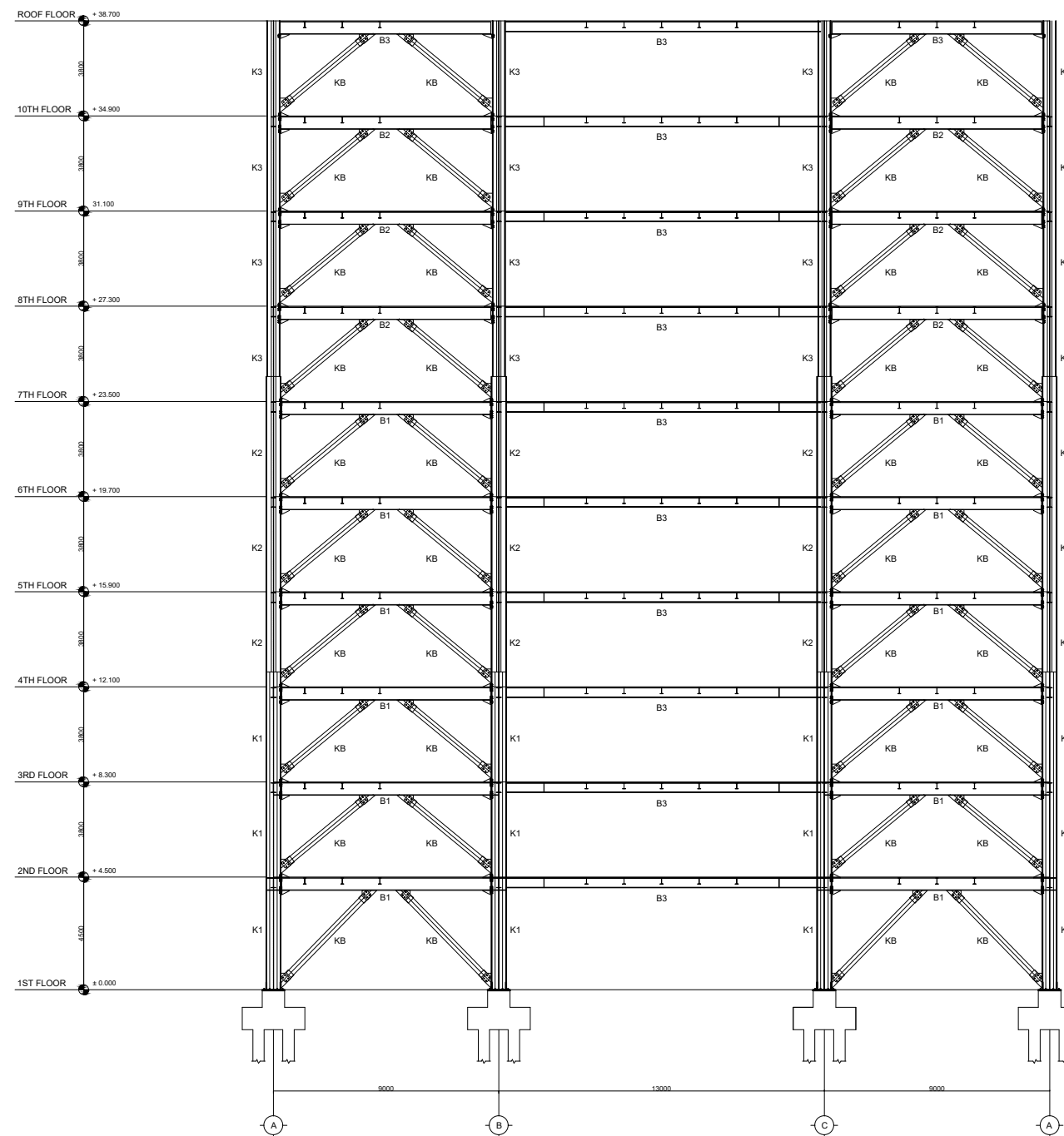
NAMA GAMBAR

Portal 1

KETERANGAN

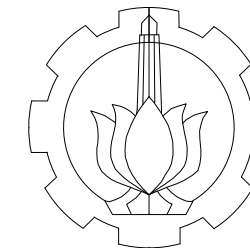
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



PORTAL 1
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	11	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

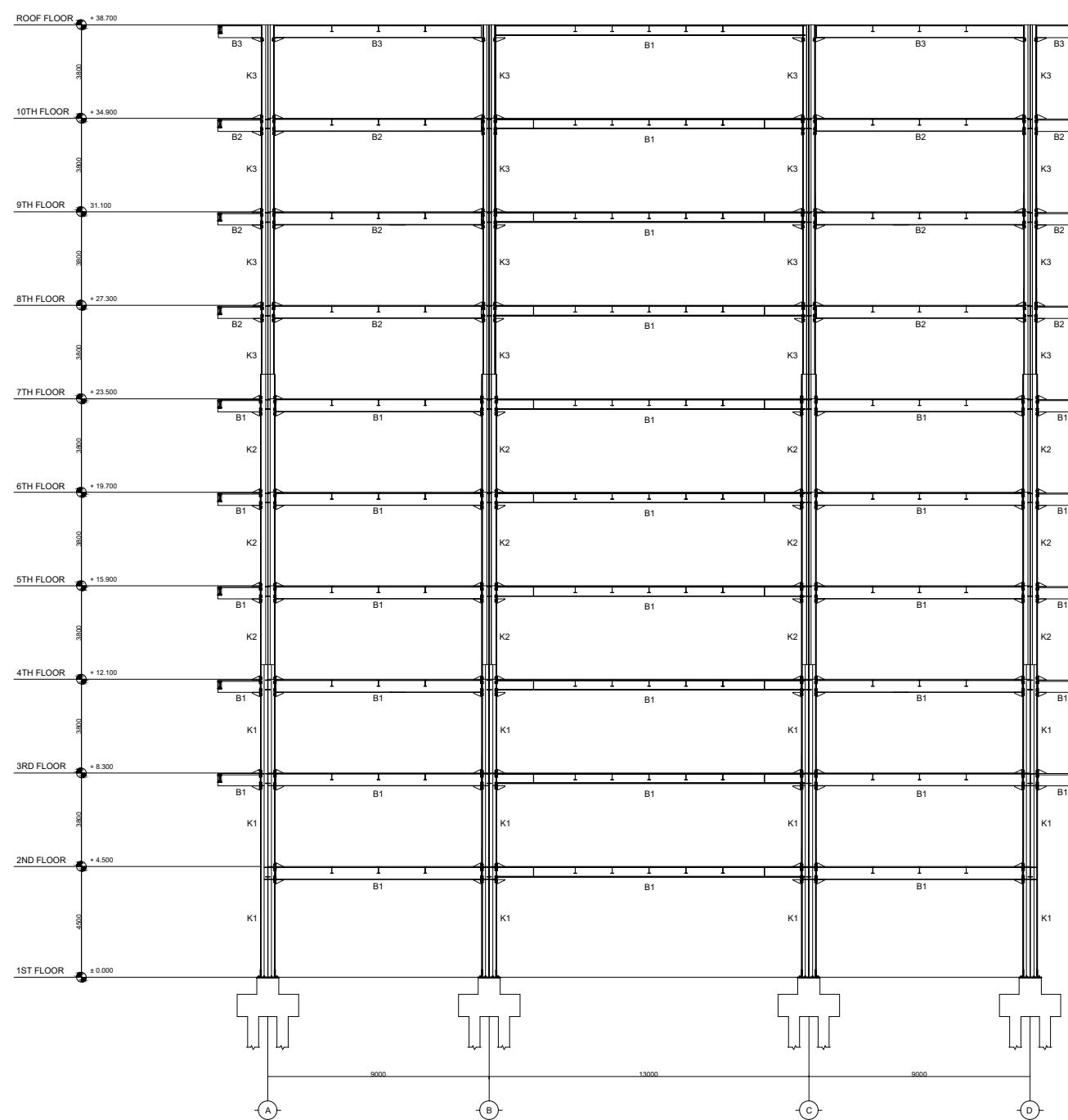
NAMA GAMBAR

Portal 2

KETERANGAN

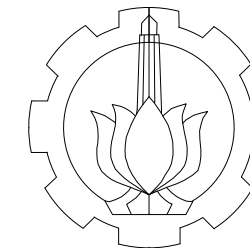
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	12	52



PORTAL 2
 SCALE 1 : 250

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

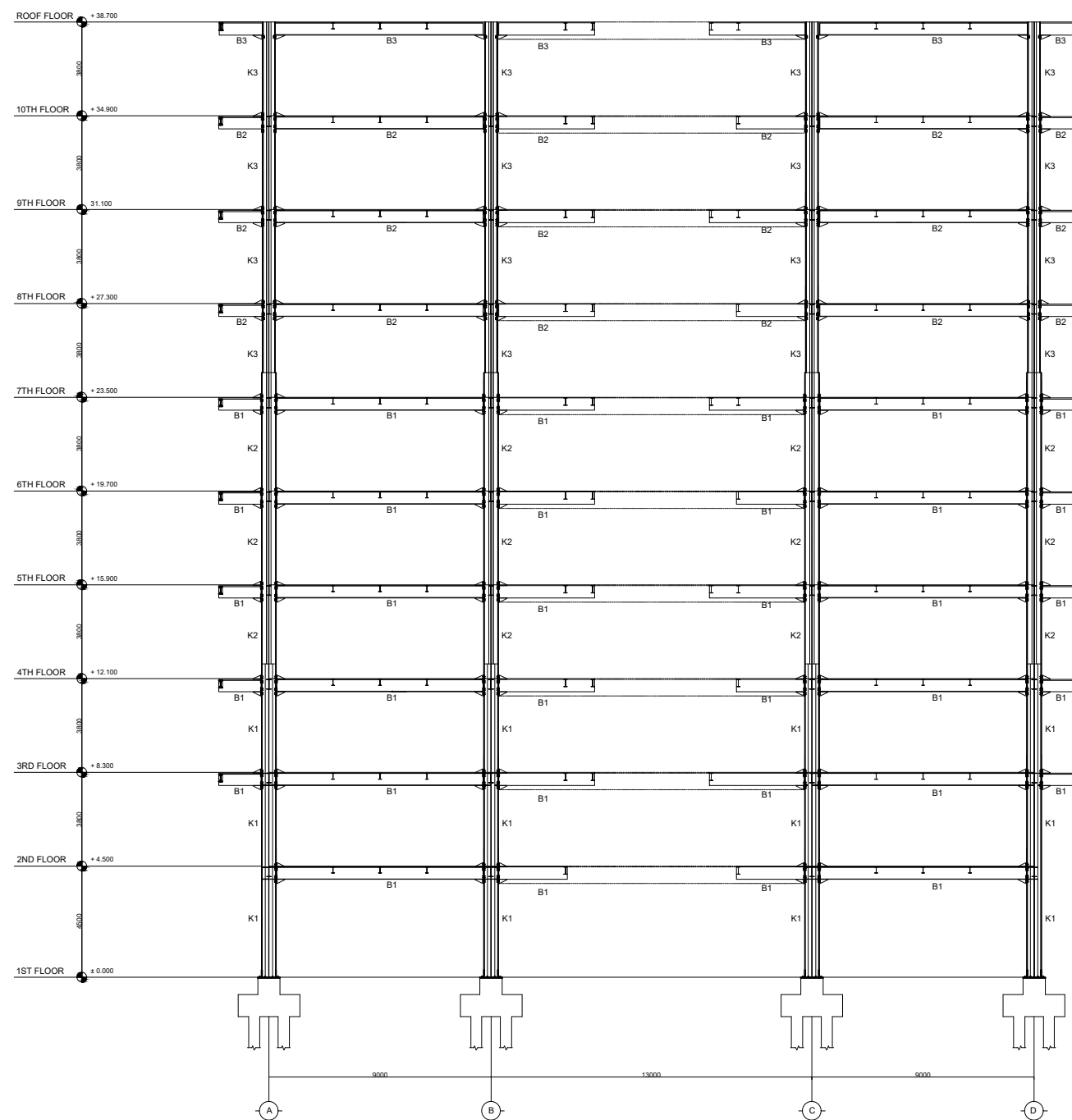
Portal 3

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

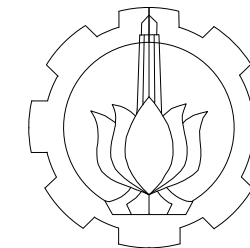
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	13	52
-----	----	----



PORTAL 3
 SCALE 1 : 250

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

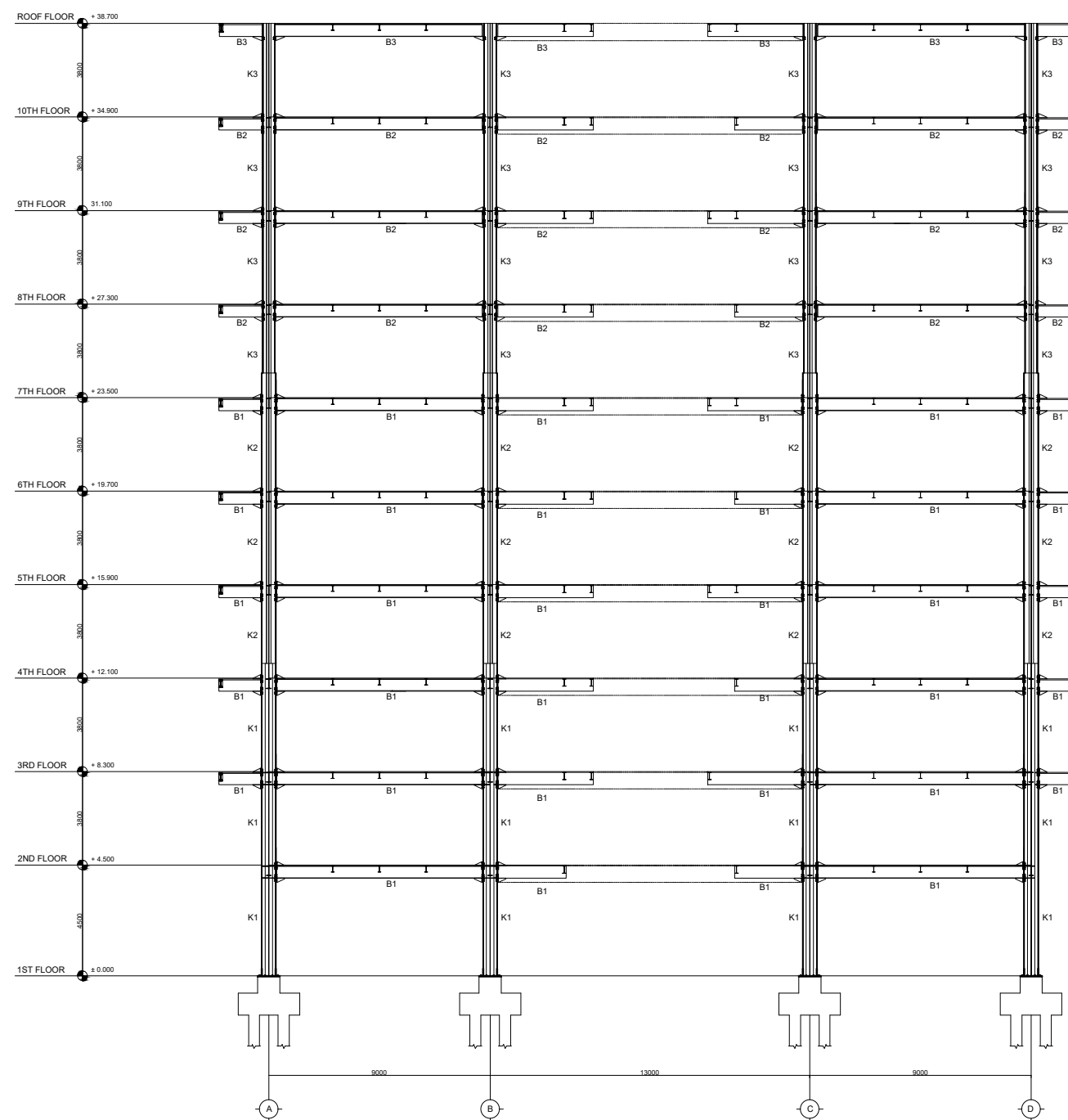
Portal 4

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

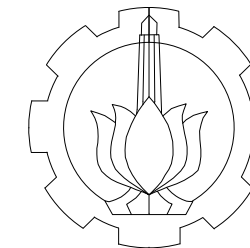
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	14	52
-----	----	----



PORTAL 4
 SCALE 1 : 250

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

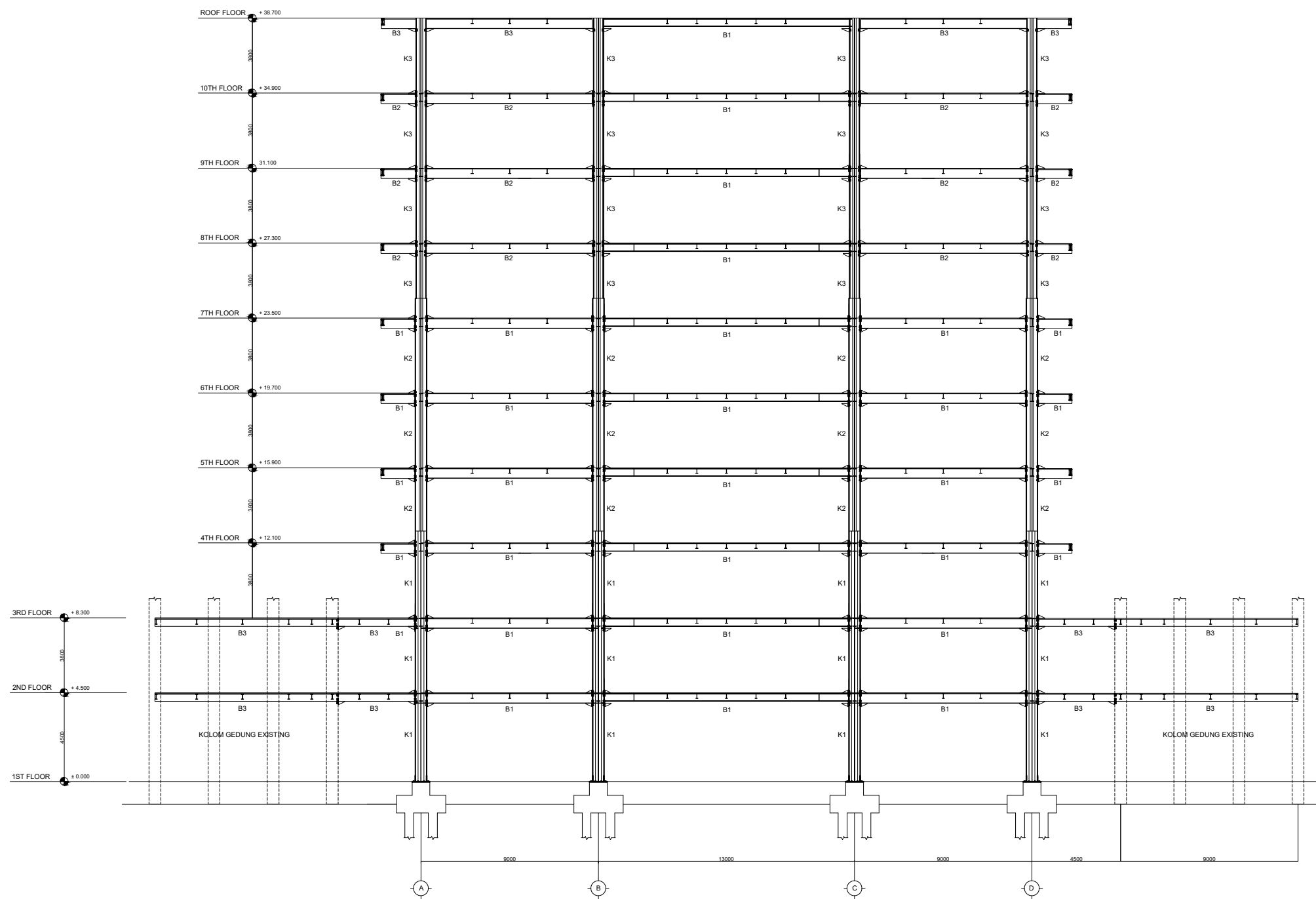
NAMA GAMBAR

Portal 5

KETERANGAN

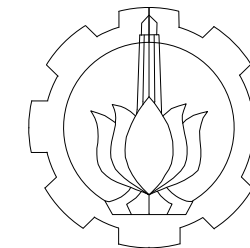
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



PORTAL 5
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	15	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

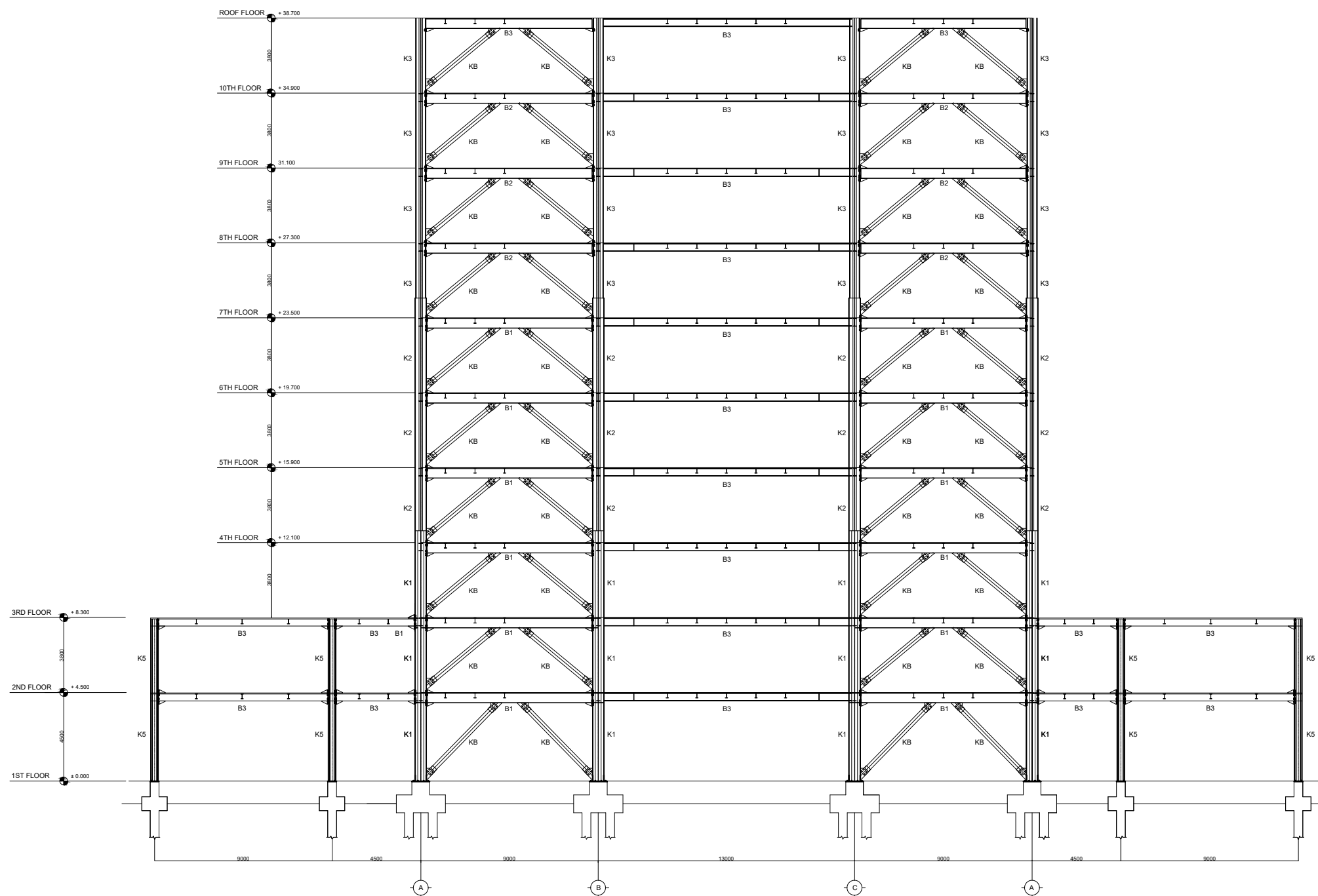
Portal 6

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

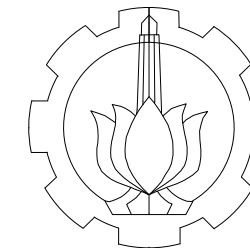
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	16	52
-----	----	----



K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)

PORTAL 6
 SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

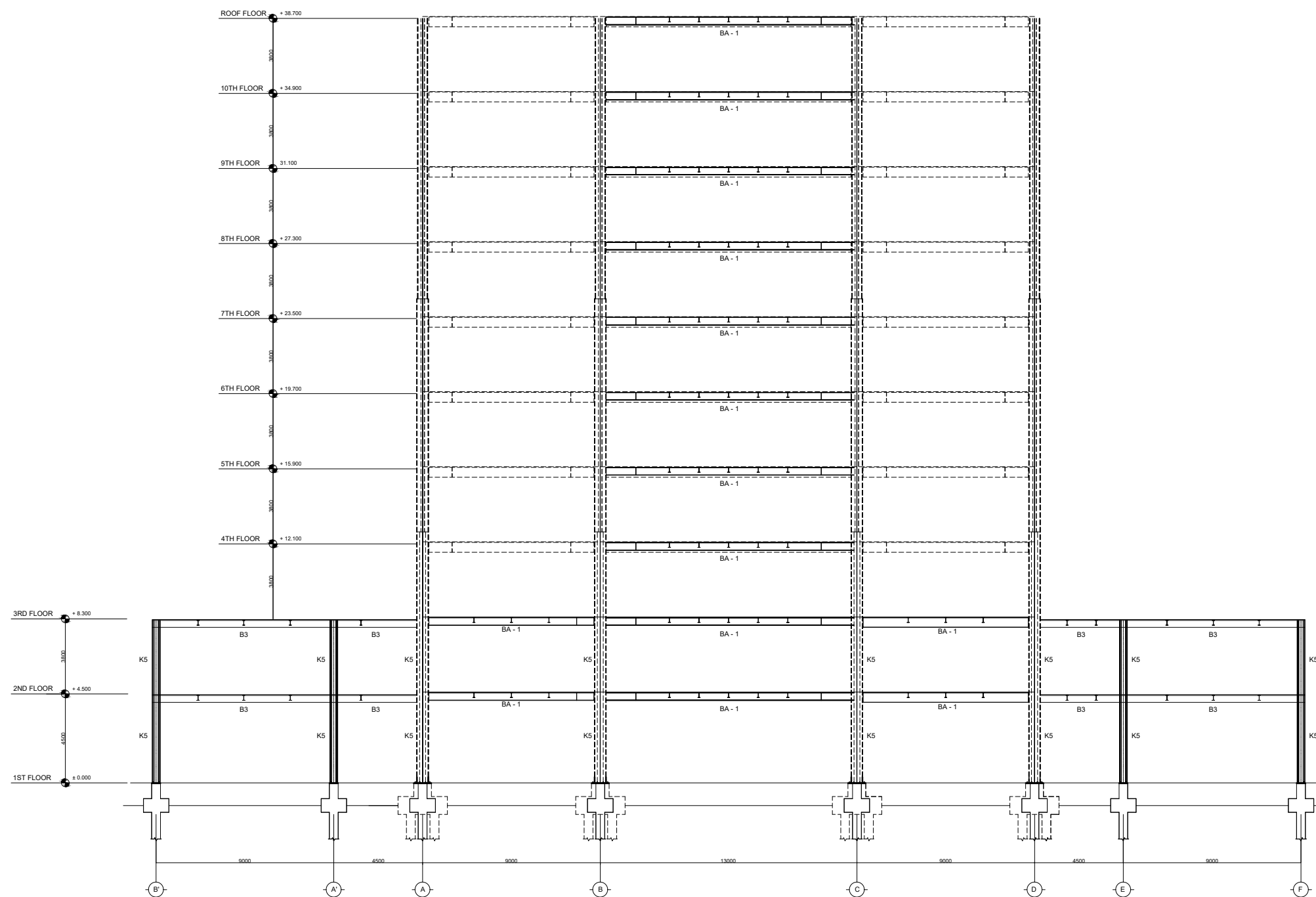
Portal 7

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

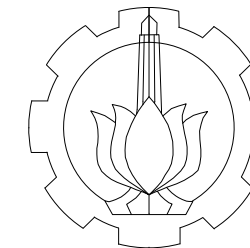
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	17	52
-----	----	----



PORTAL 7
 SCALE 1 : 250

- K1 = K 588.300.12.20
- K2 = K 600.200.11.17
- K3 = K 500.200.10.16
- K5 = K 350.175.7.11
- B1 = WF 500.200.10.16
- B2 = WF 450.200.9.14
- B3 = WF 396.199.7.11
- BA-1 = WF 298.149.5.5.8
- BA-2 = WF 248.124.5.8
- KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

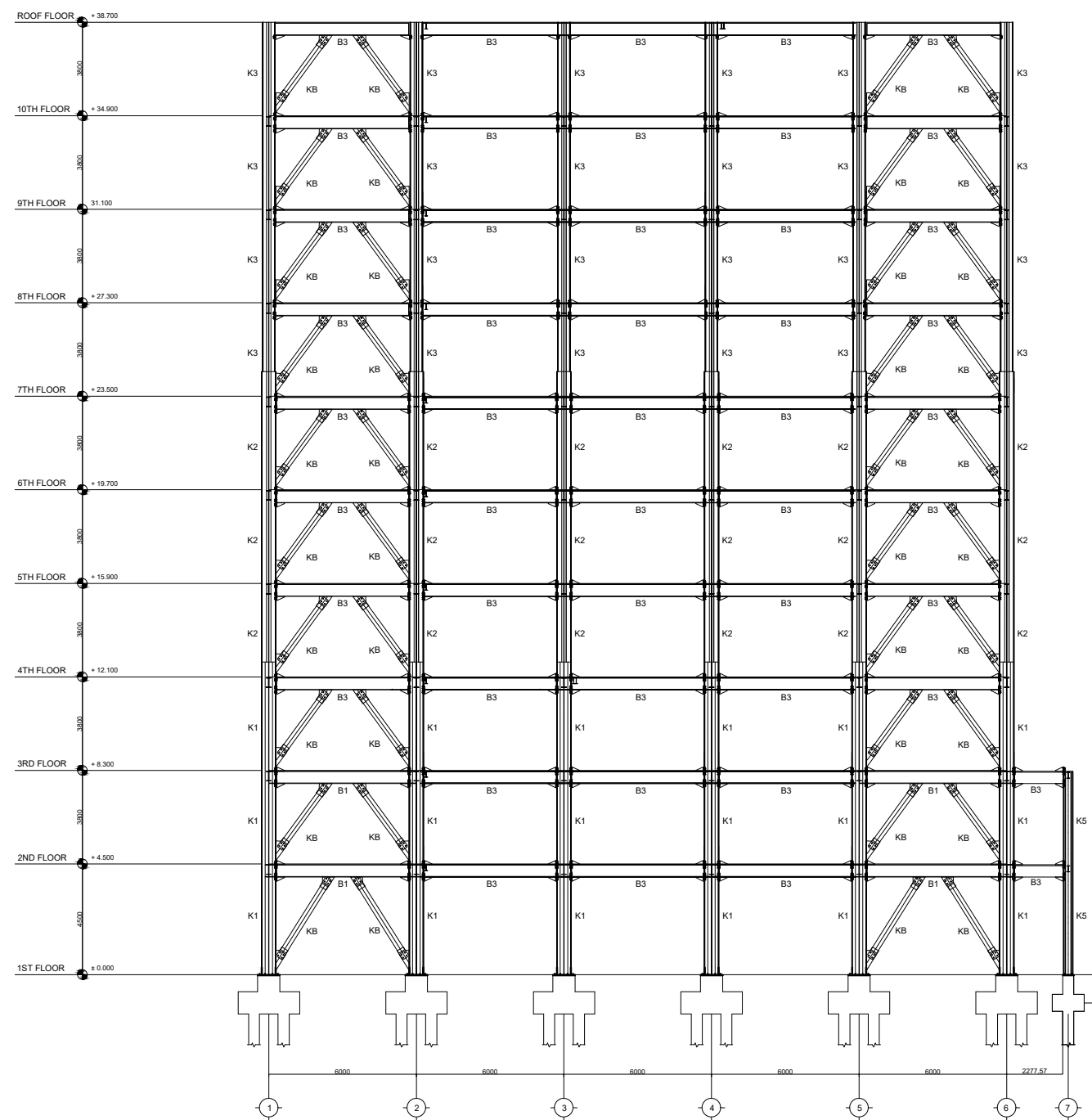
Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

Portal A

KETERANGAN

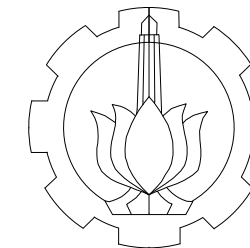
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx



PORTAL A
 SCALE 1 : 250

- K1 = K 588.300.12.20
- K2 = K 600.200.11.17
- K3 = K 500.200.10.16
- K5 = K 350.175.7.11
- B1 = WF 500.200.10.16
- B2 = WF 450.200.9.14
- B3 = WF 396.199.7.11
- BA-1 = WF 298.149.5.5.8
- BA-2 = WF 248.124.5.8
- KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	18	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

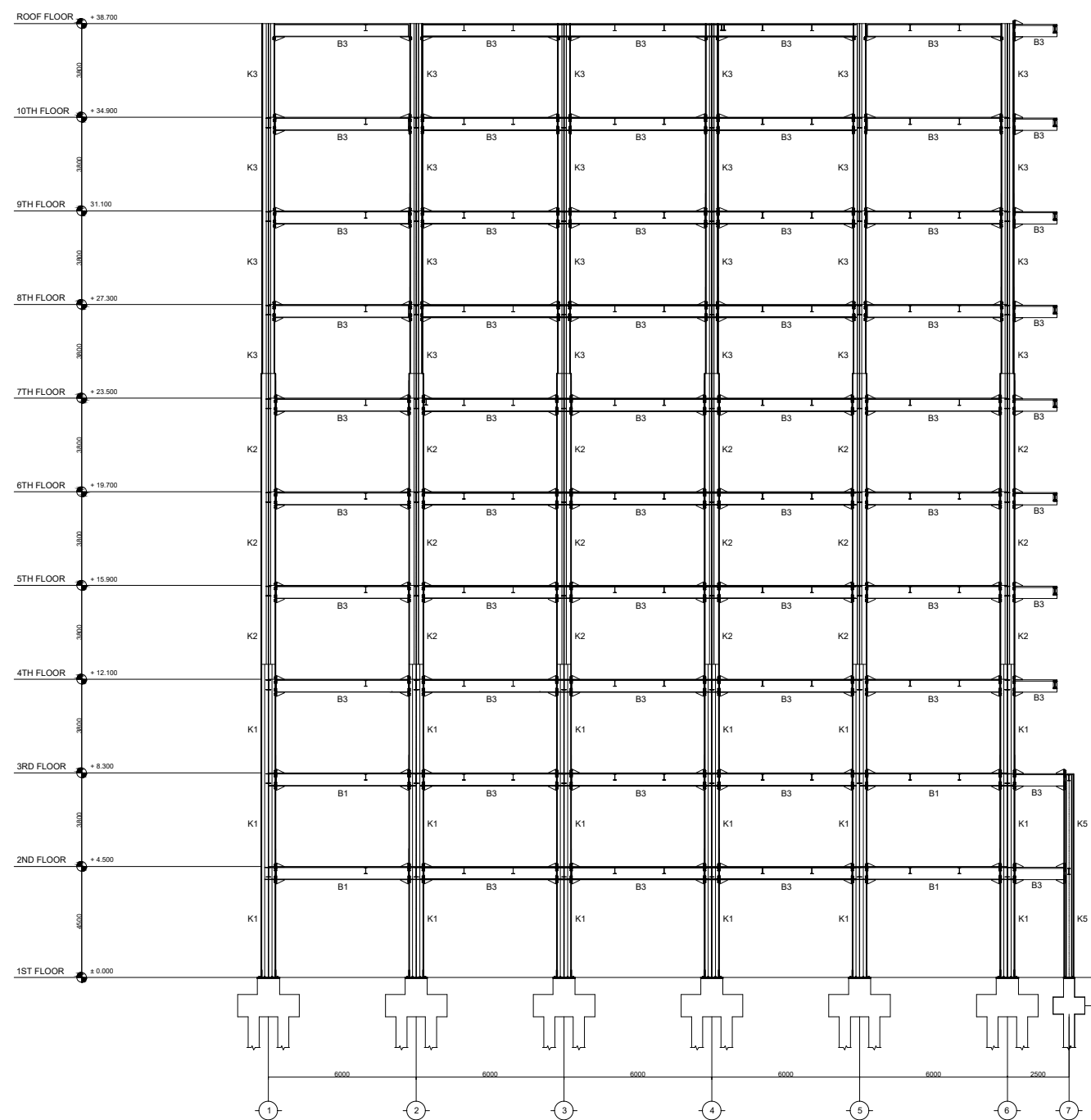
Portal B

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

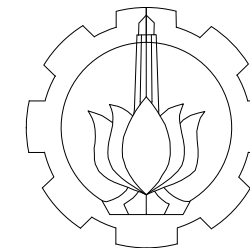
KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	19	52
-----	----	----



PORTAL B
 SCALE 1 : 250

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

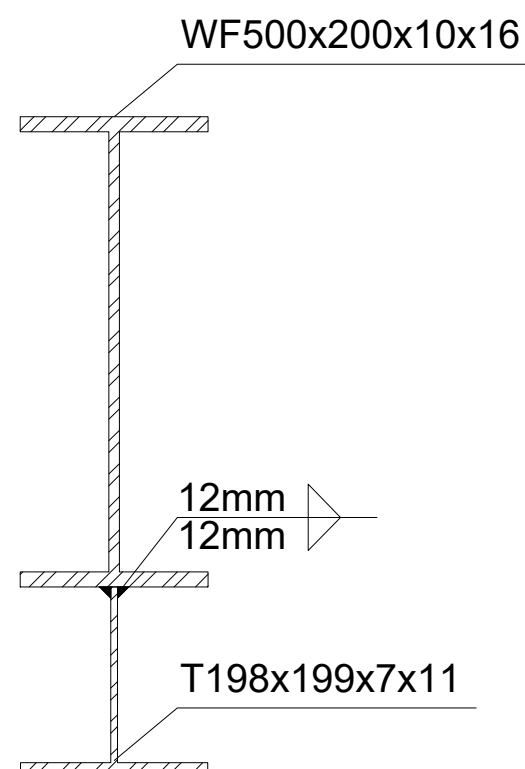
NAMA GAMBAR

Detail
penampang
perkuatan lantai
8-10

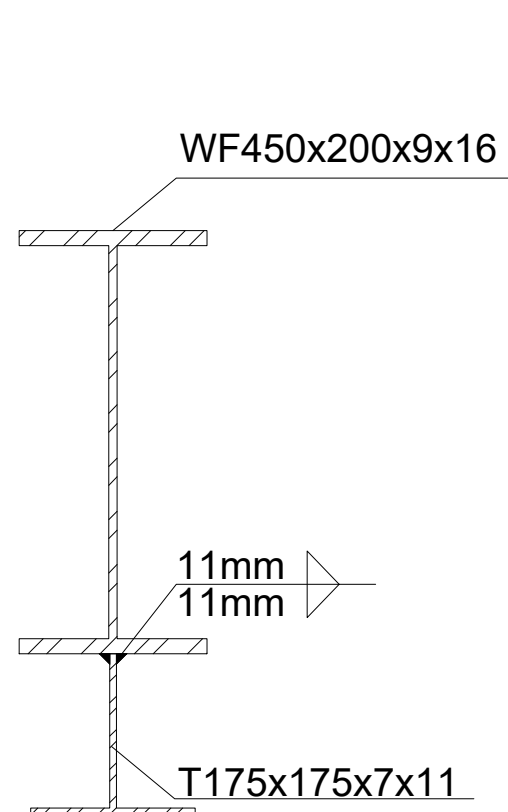
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

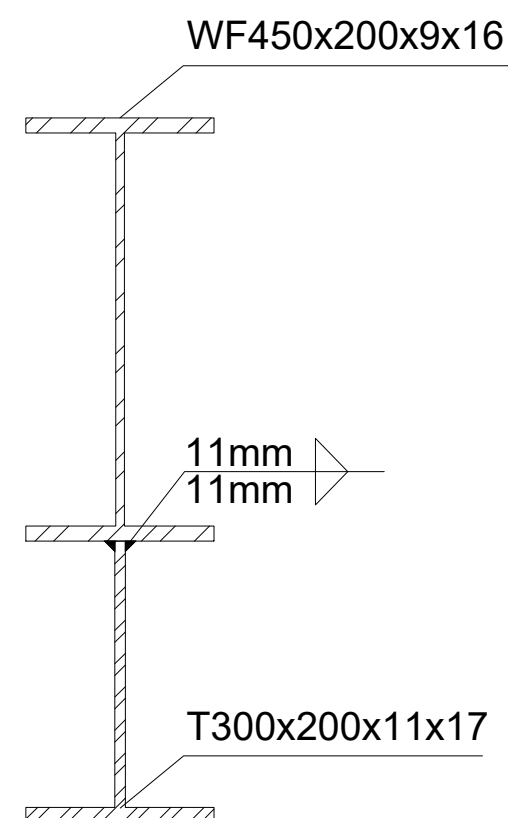
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	40	52



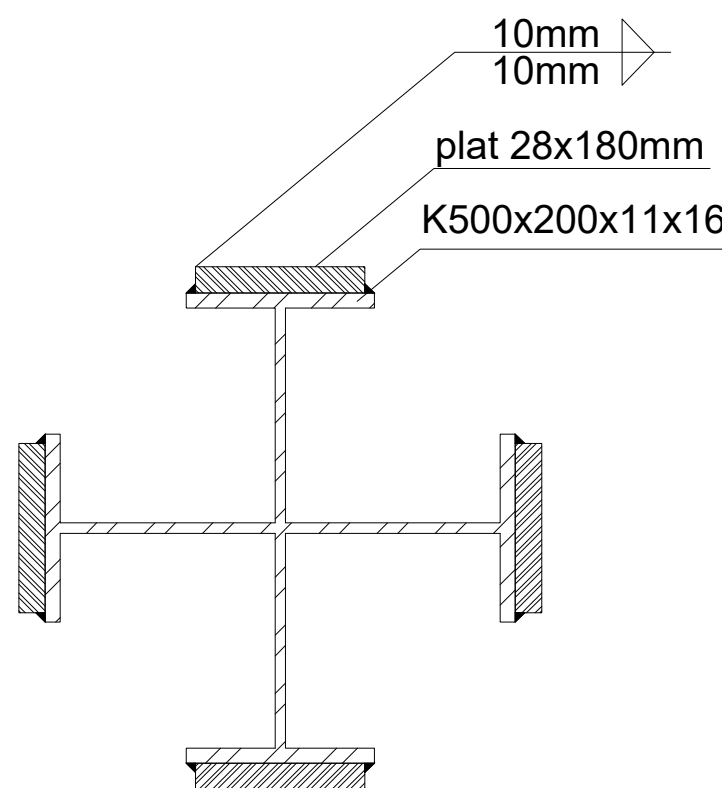
WF500 L=13m
Skala 1:4



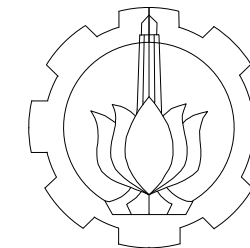
WF450 L=9m
Skala 1:4



WF450 Kantilever
Skala 1:4



K500
Skala 1:4



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

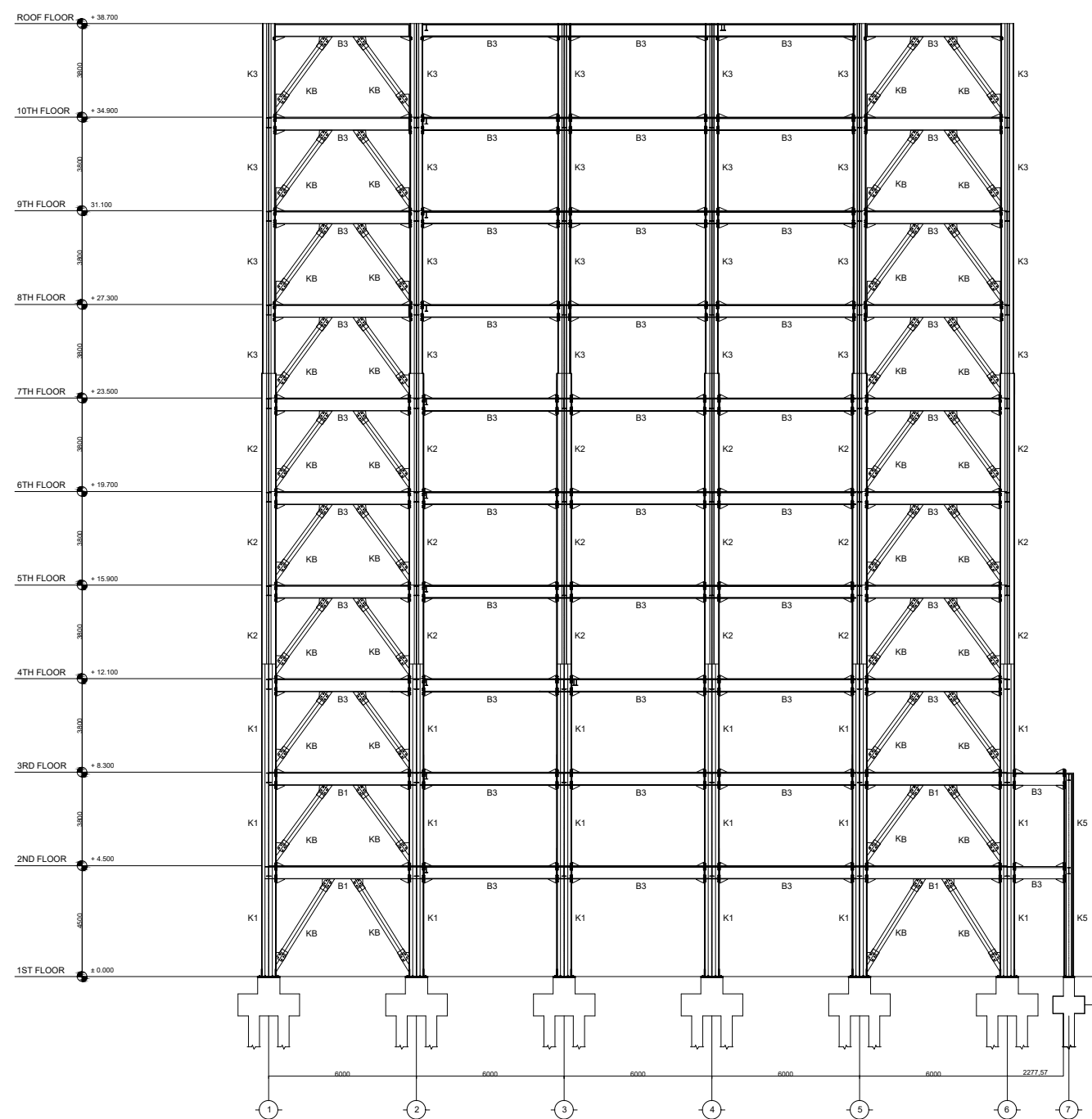
NAMA GAMBAR

Portal D

KETERANGAN

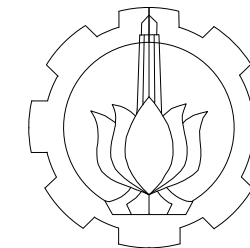
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

K1 = K 588.300.12.20
 K2 = K 600.200.11.17
 K3 = K 500.200.10.16
 K5 = K 350.175.7.11
 B1 = WF 500.200.10.16
 B2 = WF 450.200.9.14
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5.5.8
 BA-2 = WF 248.124.5.8
 KB = Pipe 10" (t=6.6 mm)



PORTAL D
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	21	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

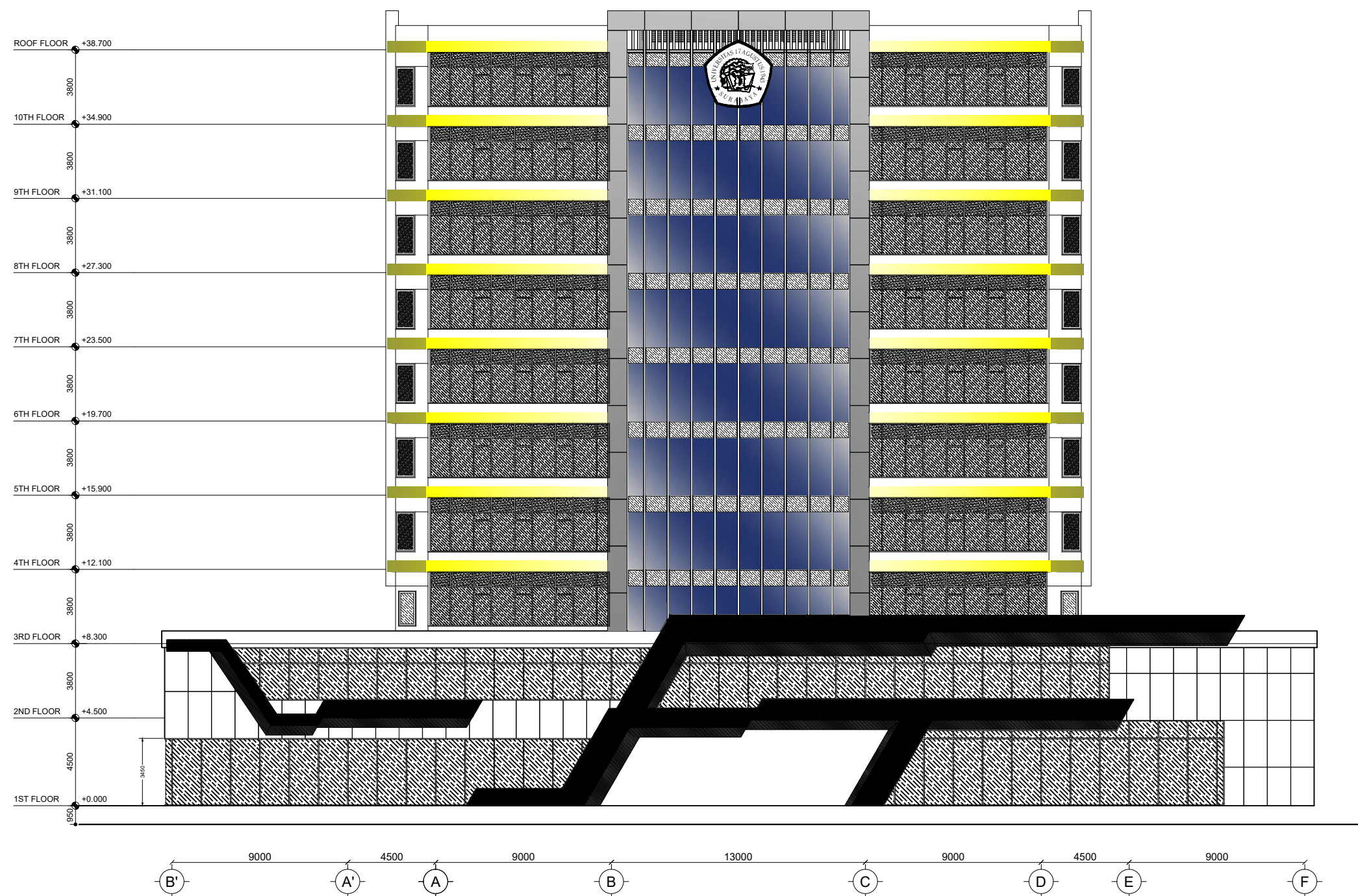
NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR (DEPAN)

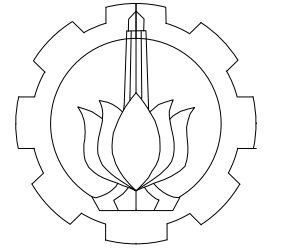
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	22	52



TAMPAK TIMUR (DEPAN)
 SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

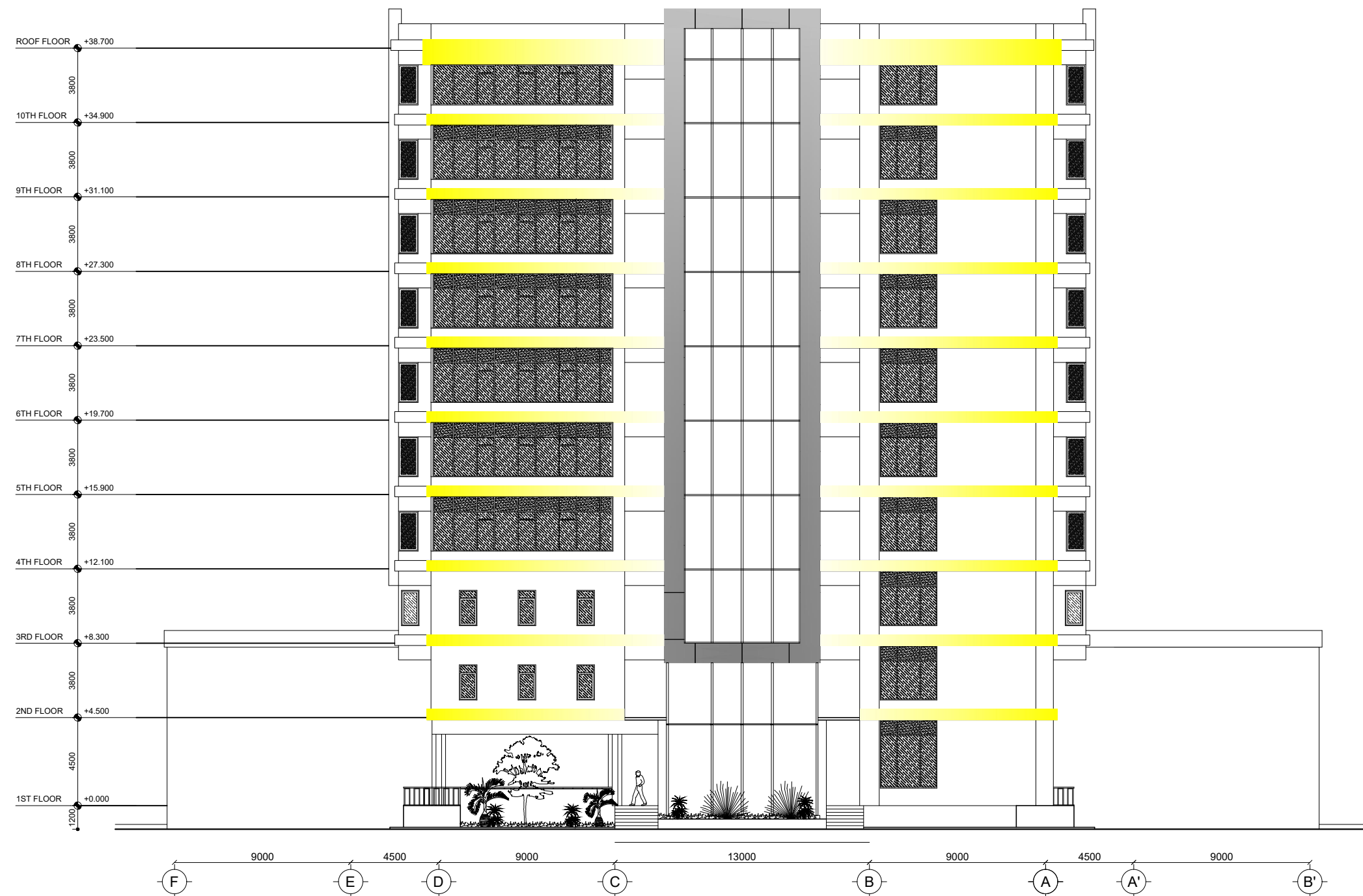
Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

TAMPAK SELATAN
 (SAMPING)

KETERANGAN

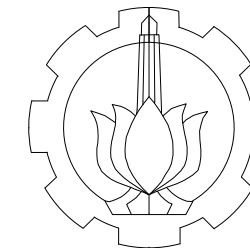
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx



TAMPAK SELATAN (SAMPING)

SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	23	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

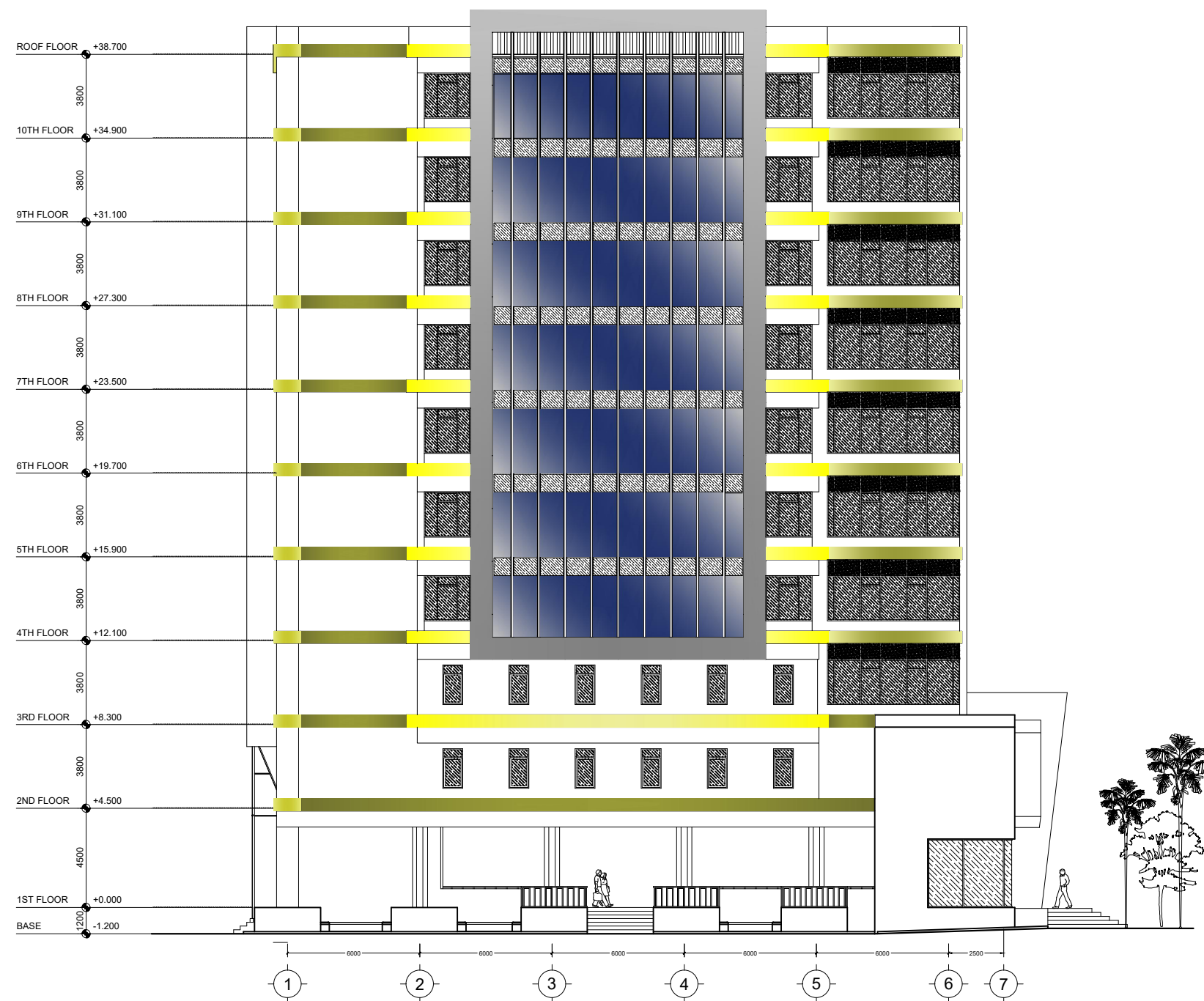
Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT
 (SAMPING)

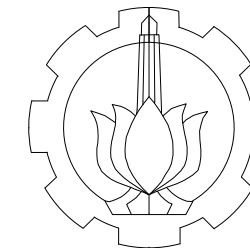
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx



TAMPAK BARAT (SAMPING)
 SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	24	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

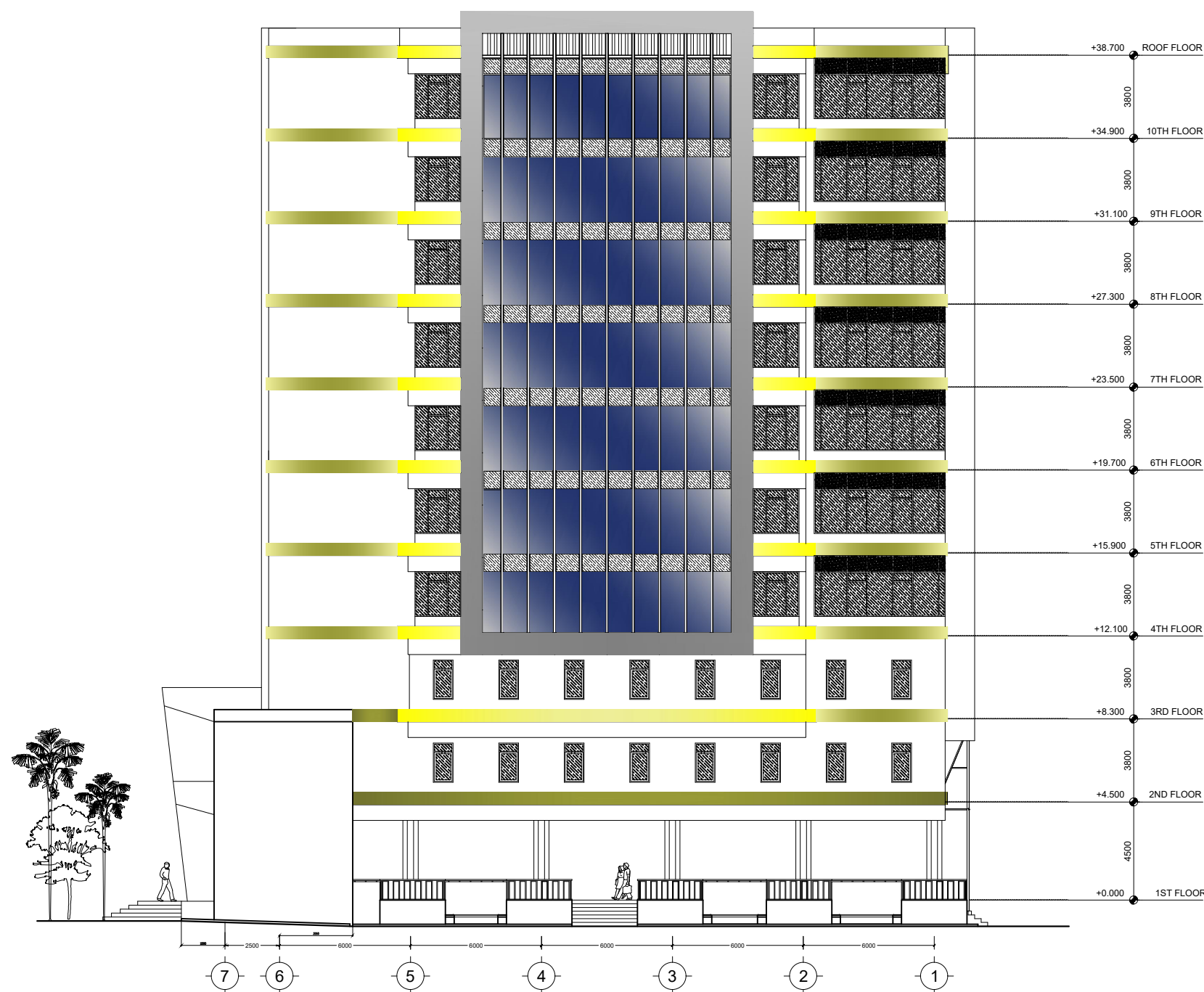
NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA
(SAMPING)

KETERANGAN

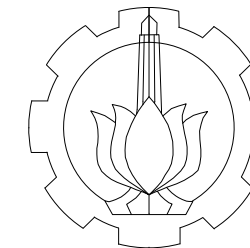
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	25	52



TAMPAK UTARA (SAMPING)

SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

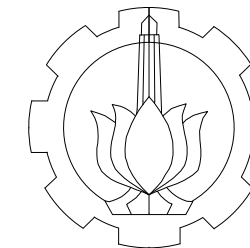
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	26	52



POTONGAN A-A
 SCALE 1 : 250



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

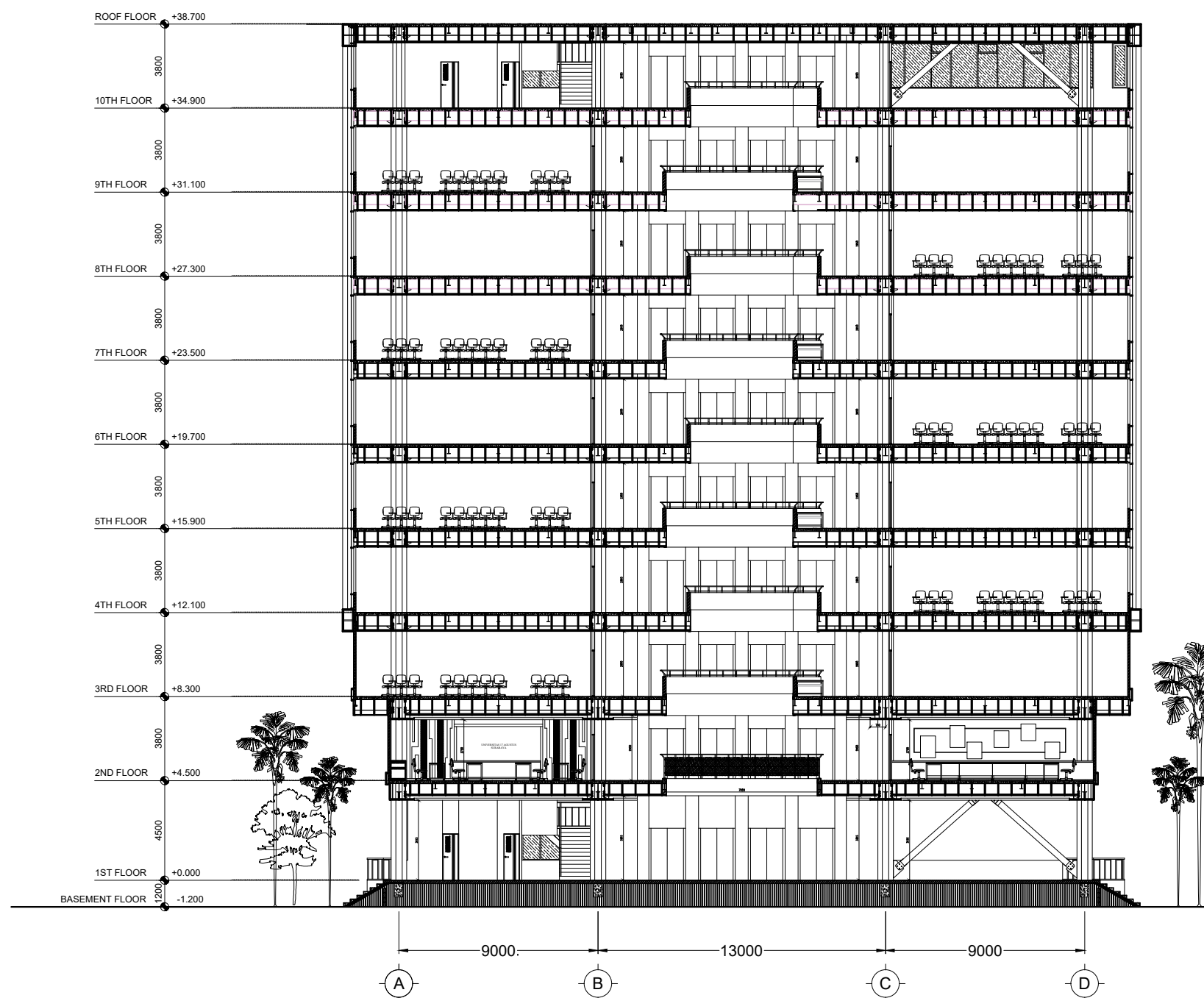
Fikri Ghifari
1011151000002

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

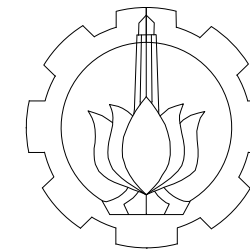
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx



POTONGAN B-B
SCALE 1 : 250

KODE	NO GBR	JML GBR
ARS	27	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

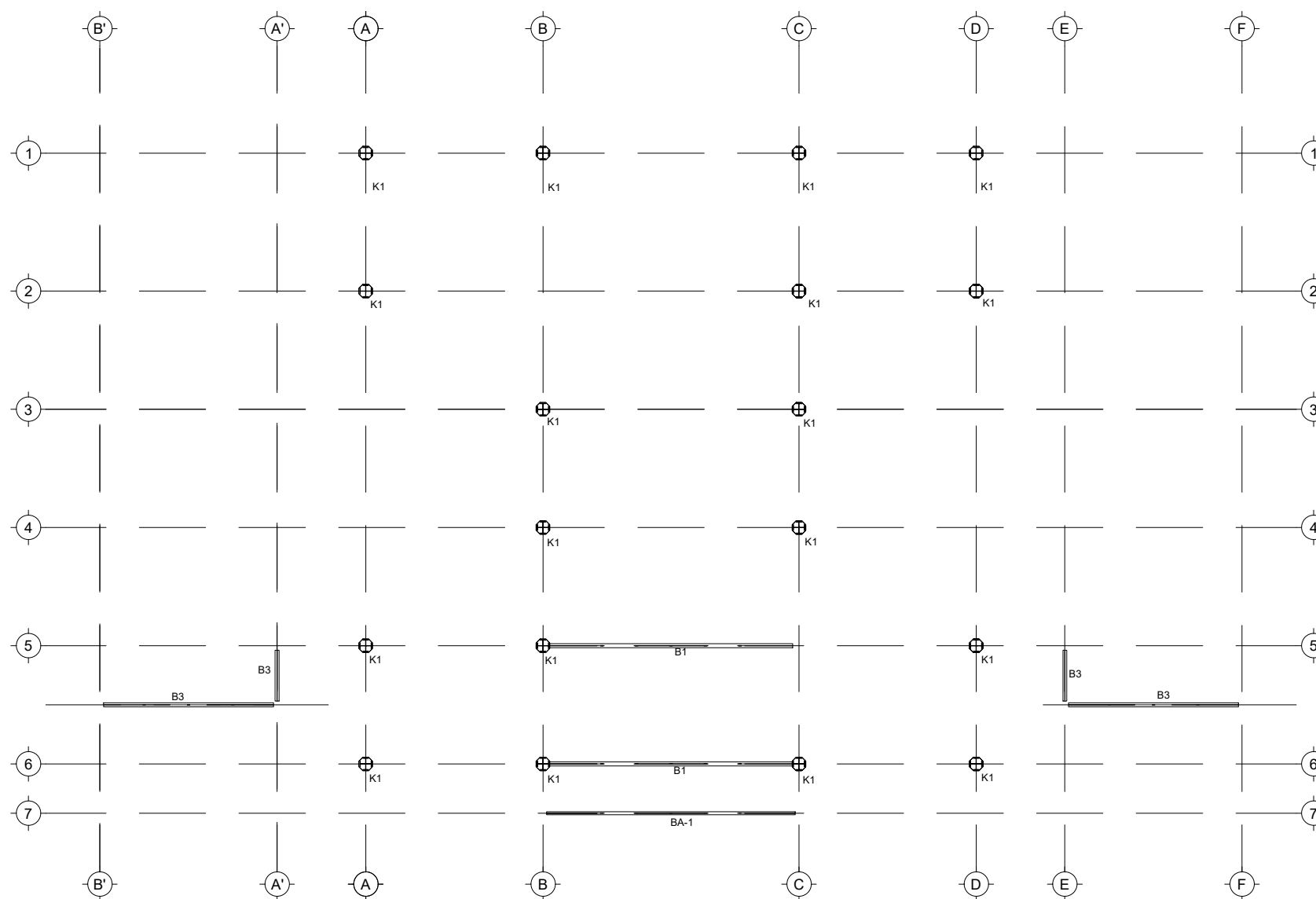
Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

**Denah perkuatan
 balok lantai 2**

KETERANGAN

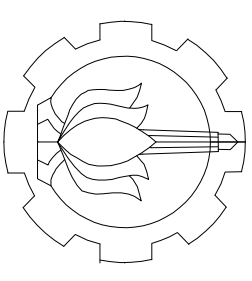
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx



K1 = K 588.300.12.20
 B1 = WF 500.200.11.16
 B3 = WF 396.199.7.11
 BA-1 = WF 298.149.5,5.8

Denah perkuatan balok lantai 2
Skala 1:150

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	28	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajumisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Aff Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

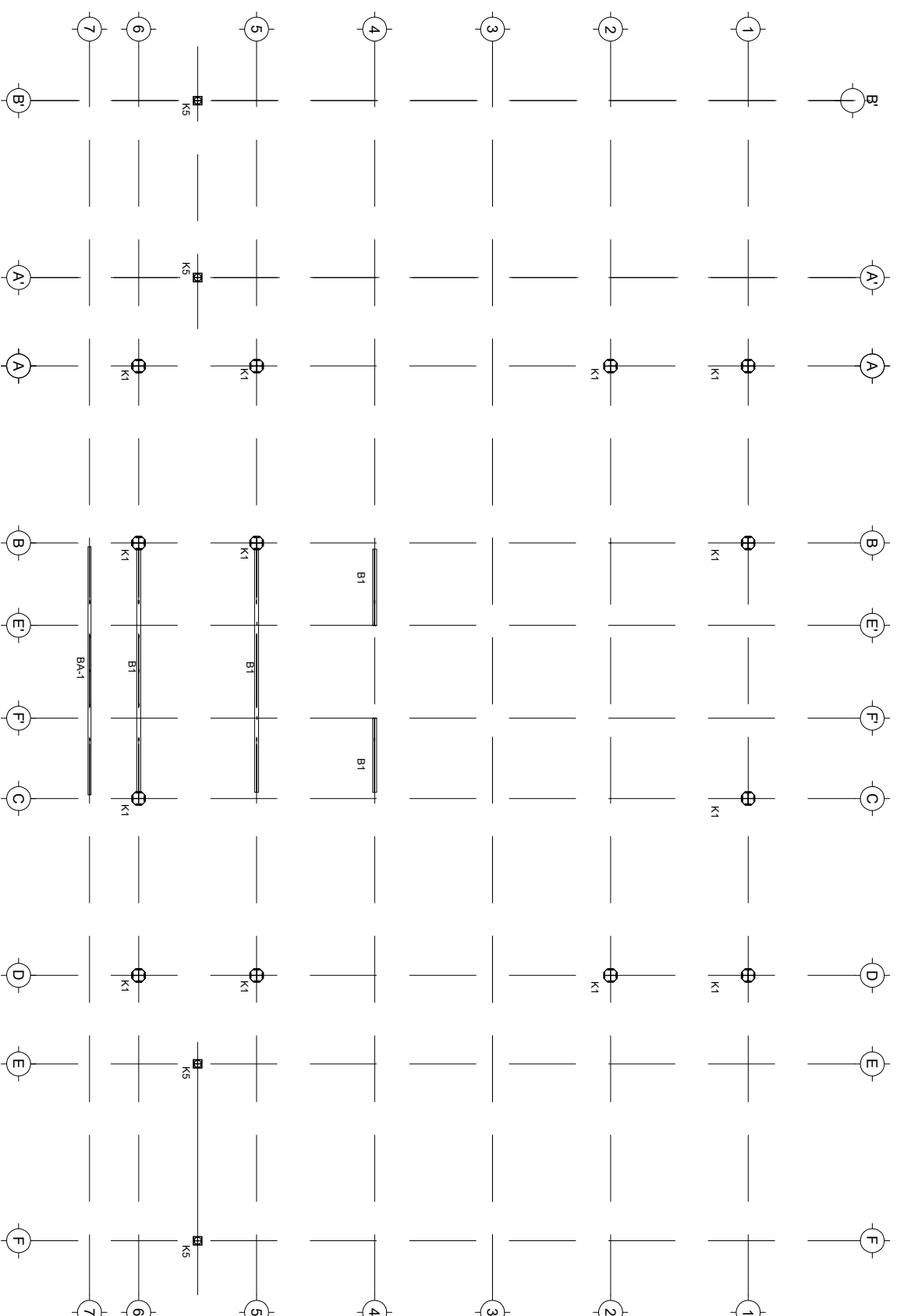
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok lantai 3

KETERANGAN

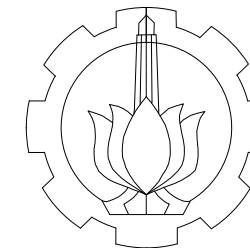
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	29	1



K1 = K 588.300.12.20
K5 = K 350.175.7.11
B1 = WF 500.200.11.16
BA-1 = WF 298.149.5.5.8

Denah perkuatan balok lantai 3
Skala 1:150



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

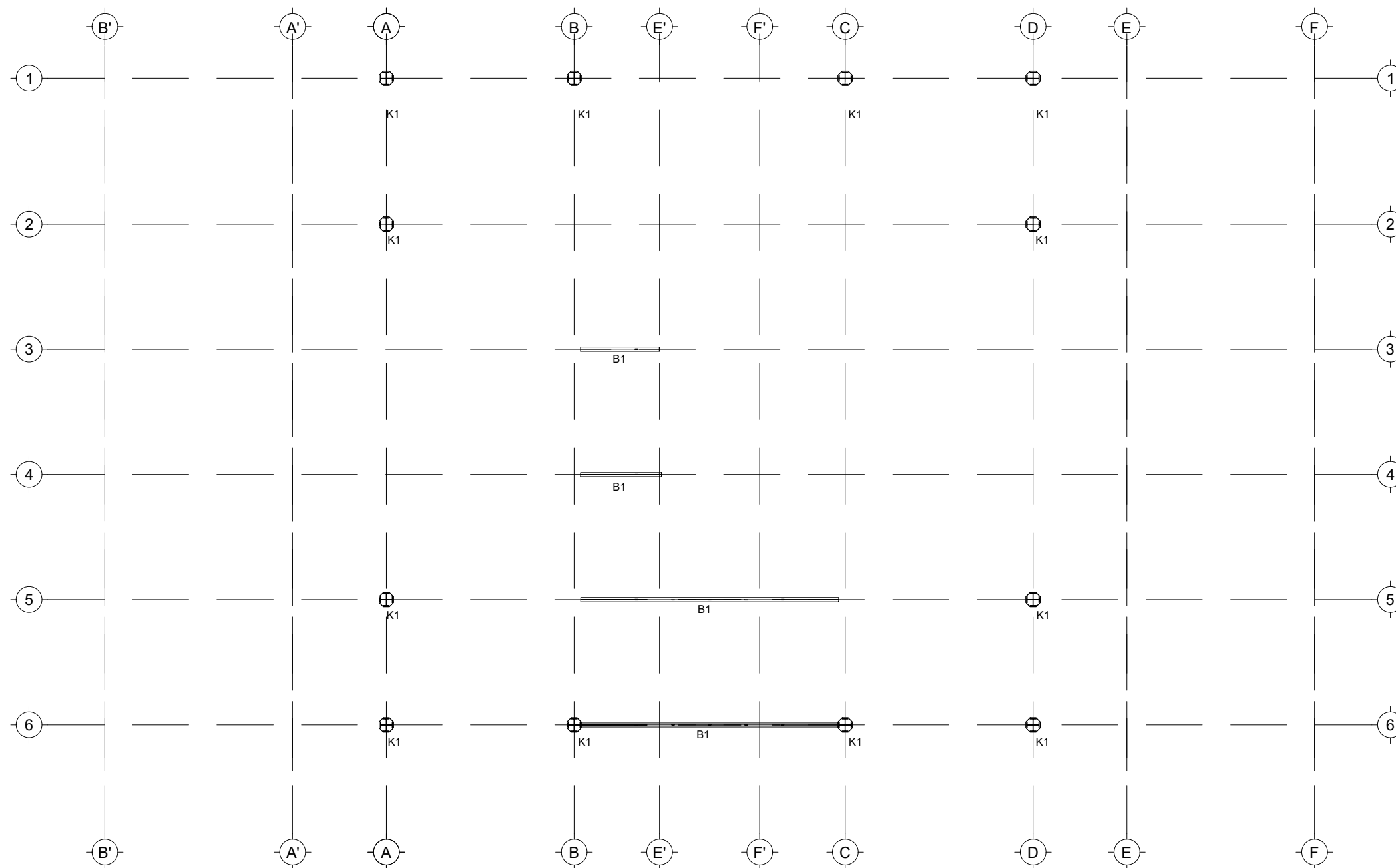
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok lantai 4

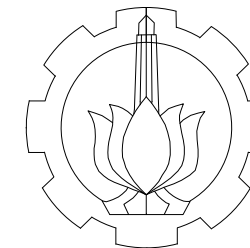
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	30	52



Denah perkuatan balok lantai 4
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

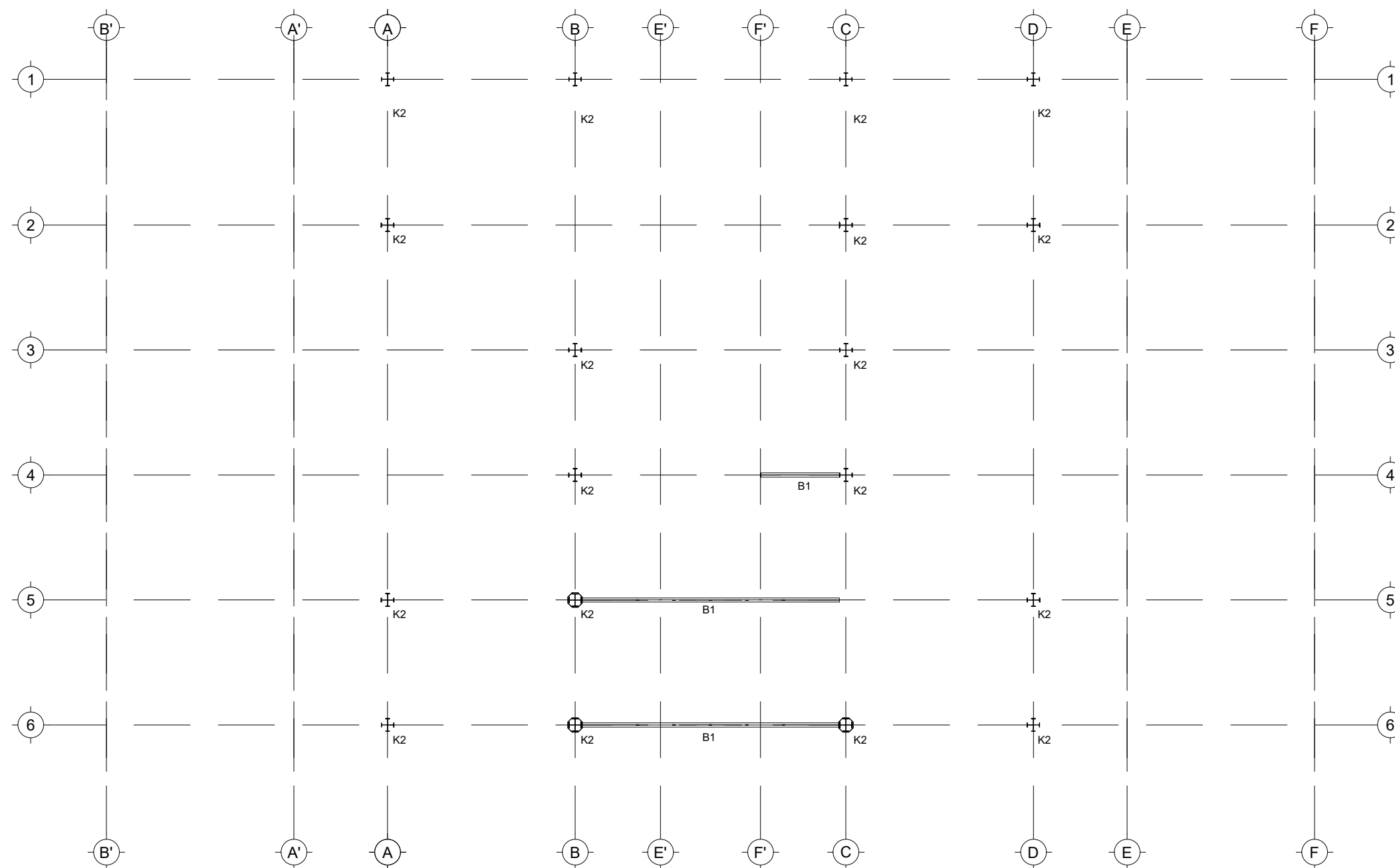
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok lantai 5

KETERANGAN

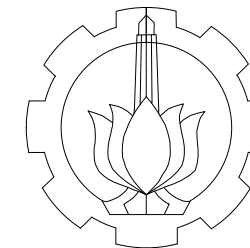
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	31	52



K2 = K 600.200.11.17
B1 = WF 500.200.11.16

Denah perkuatan balok lantai 5
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

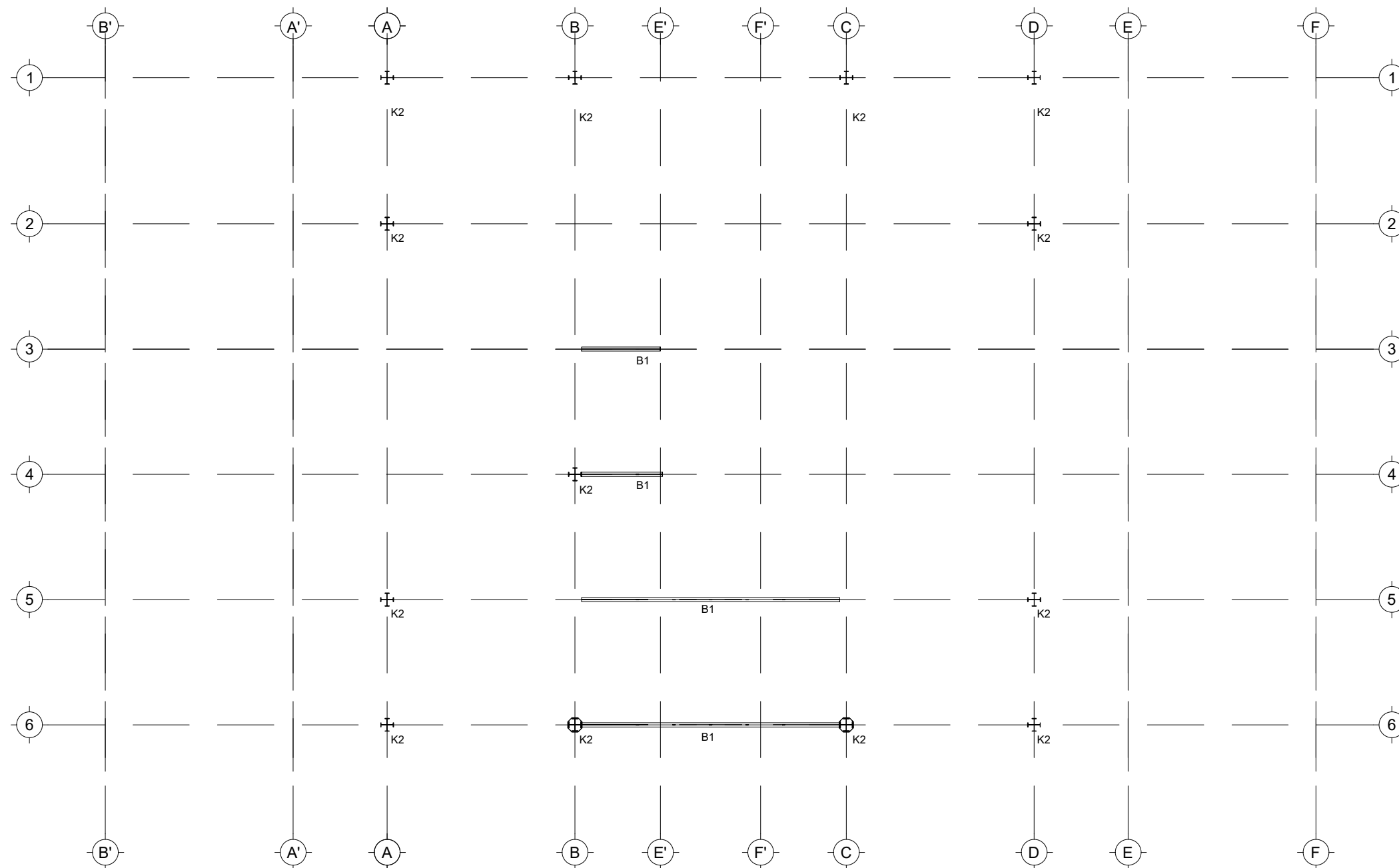
NAMA GAMBAR

**Denah perkuatan
 balok lantai 6**

KETERANGAN

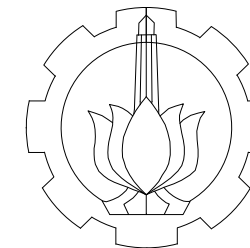
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	32	52



K2 = K 600.200.11.17
 B1 = WF 500.200.11.16

Denah perkuatan balok lantai 6
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

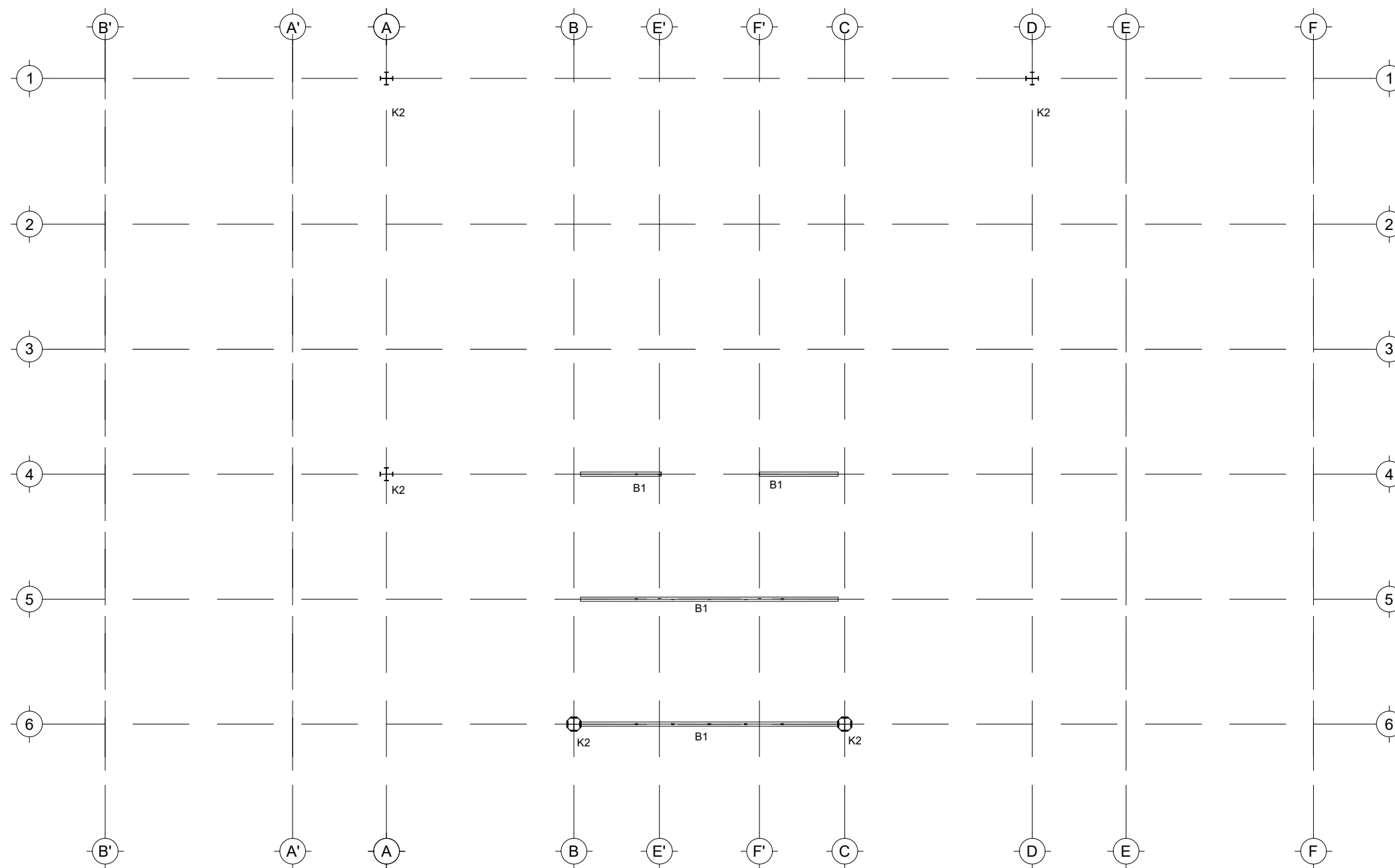
NAMA GAMBAR

**Denah perkuatan
balok lantai 7**

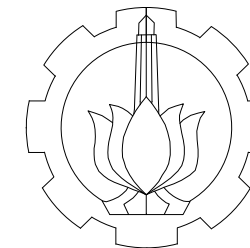
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	33	52



Denah perkuatan balok lantai 7
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

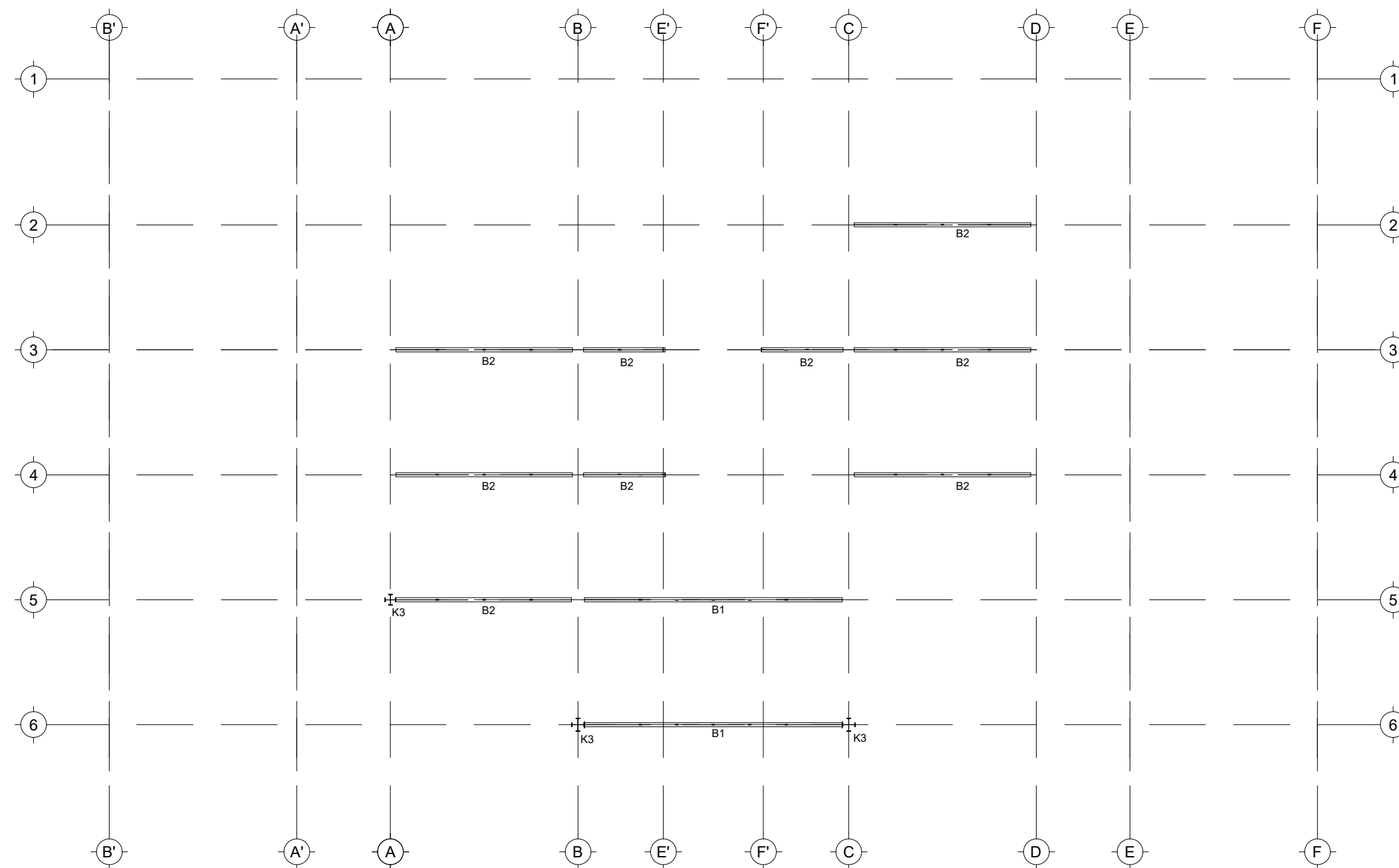
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok lantai 8

KETERANGAN

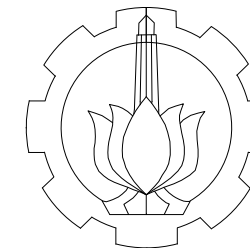
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

K3 = K 500.200.11.16
B1 = WF 500.200.11.16
B2 = WF 450.200.9.14



Denah perkuatan balok lantai 8
Skala 1:120

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	34	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

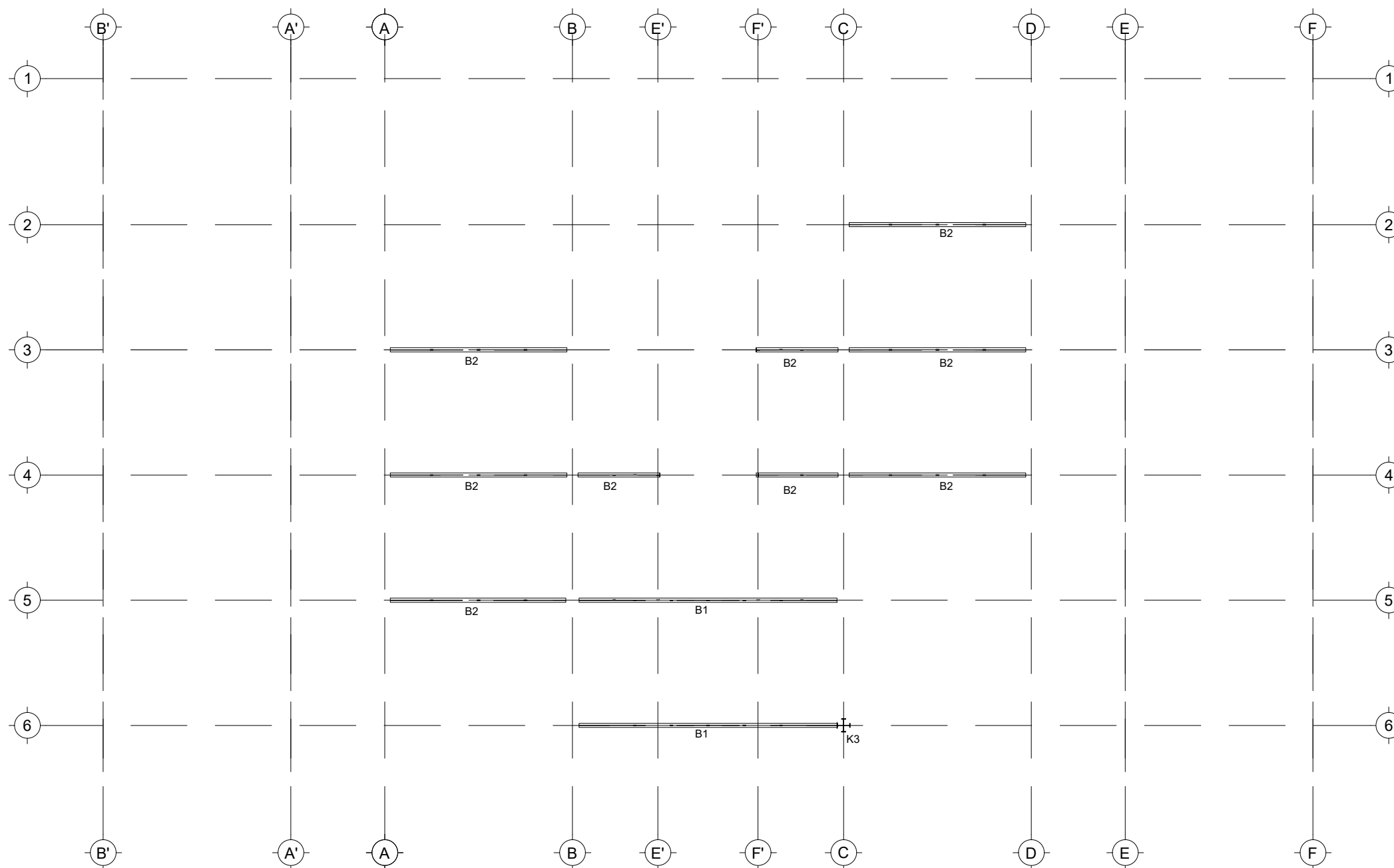
NAMA GAMBAR

**Denah perkuatan
balok lantai 9**

KETERANGAN

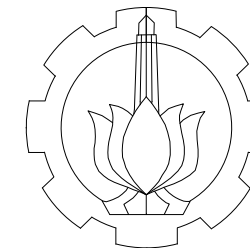
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	35	52



K3 = K 500.200.11.16
B1 = WF 500.200.11.16
B2 = WF 450.200.9.14

Denah perkuatan balok lantai 9
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

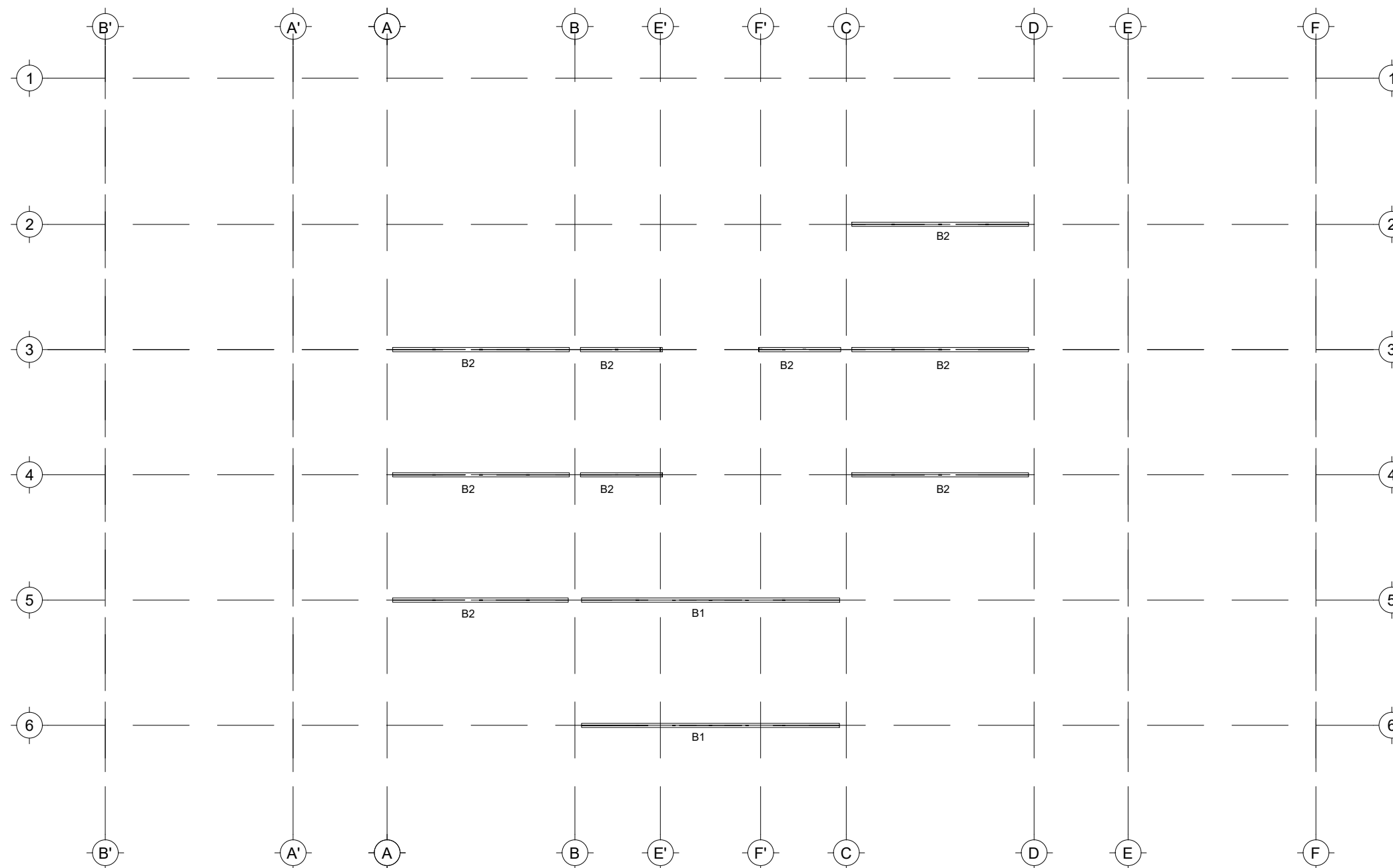
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok lantai 10

KETERANGAN

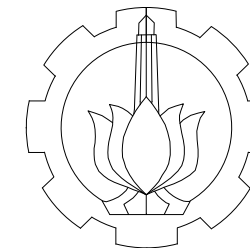
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	36	52



B1 = WF 500.200.11.16
B2 = WF 450.200.9.14

Denah perkuatan balok lantai 10
Skala 1:120



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

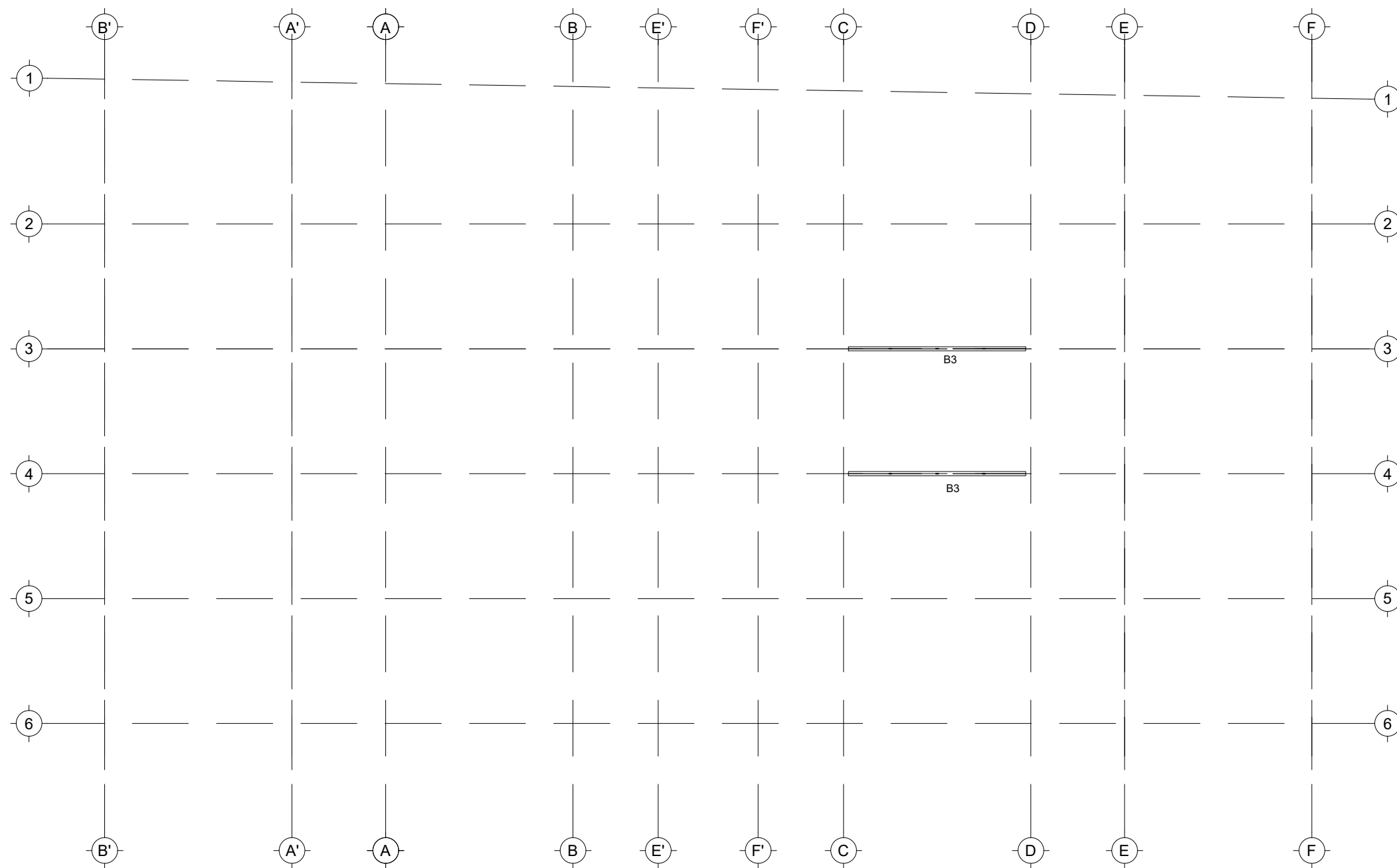
NAMA GAMBAR

Denah perkuatan
balok atap

KETERANGAN

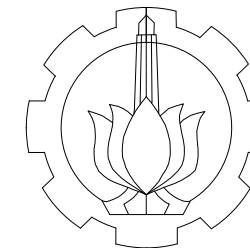
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	37	52



Denah perkuatan balok atap
Skala 1:120

B3 = WF 396.199.7.11



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

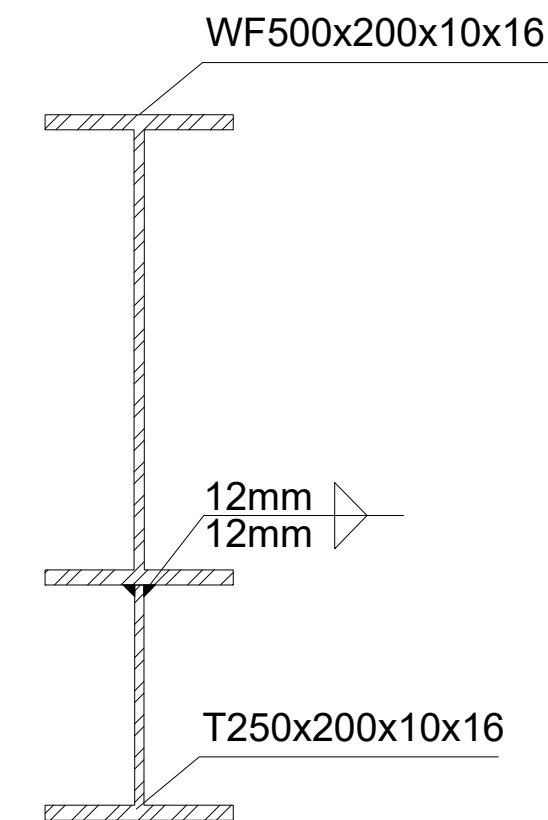
Fikri Ghifari
1011151000002

NAMA GAMBAR

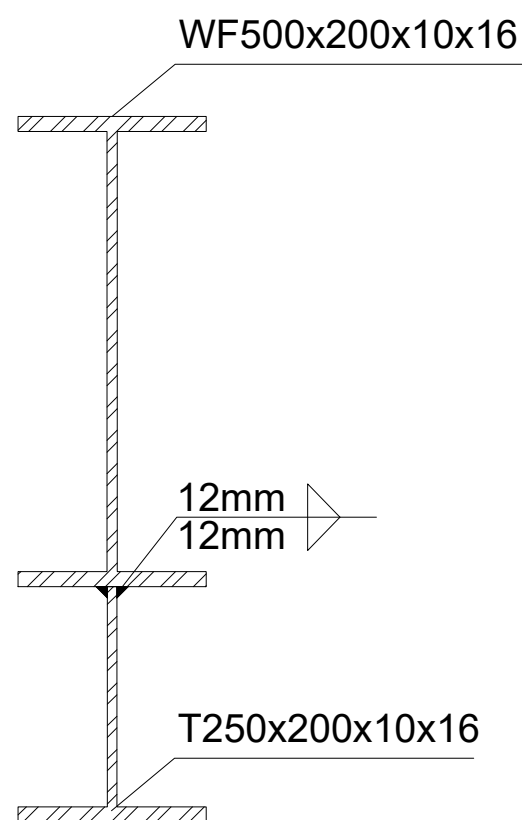
Detail
penampang
perkuatan lantai
2-3

KETERANGAN

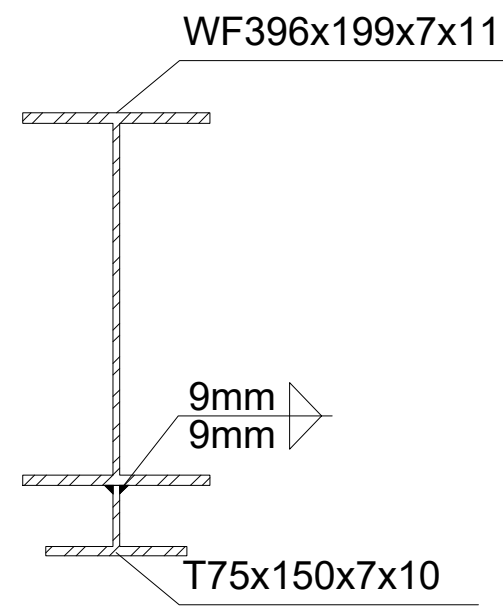
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx



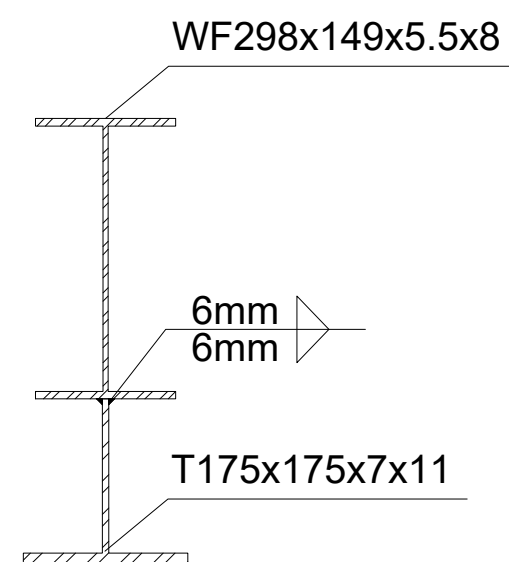
WF500 Kantilever
Skala 1:4



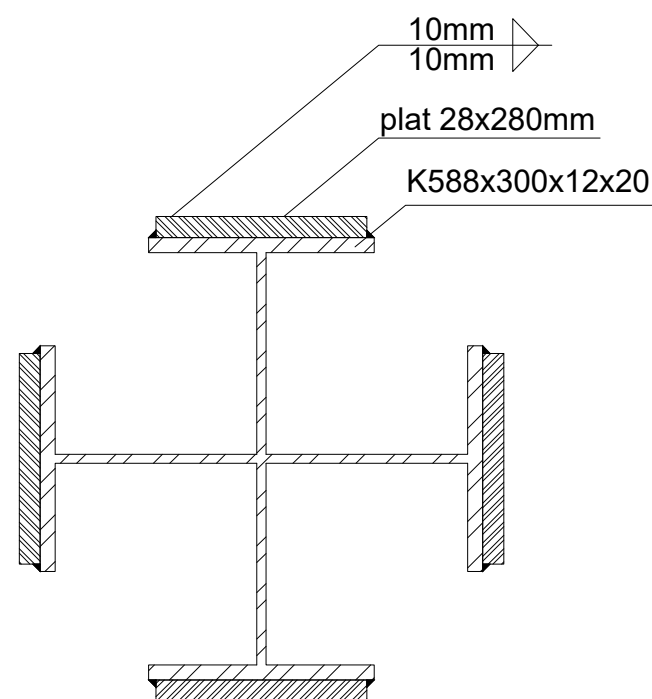
WF500 L=13m
Skala 1:4



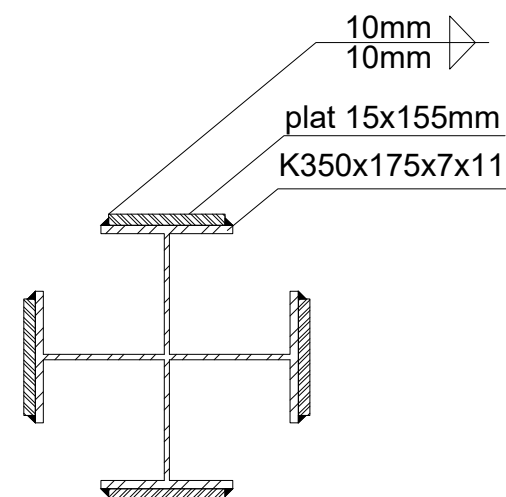
WF396
Skala 1:4



WF298
Skala 1:4

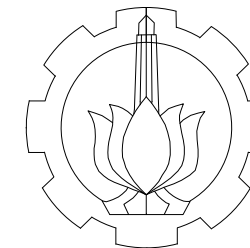


K588
Skala 1:5



K350
Skala 1:5

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	38	52



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

NAMA GAMBAR

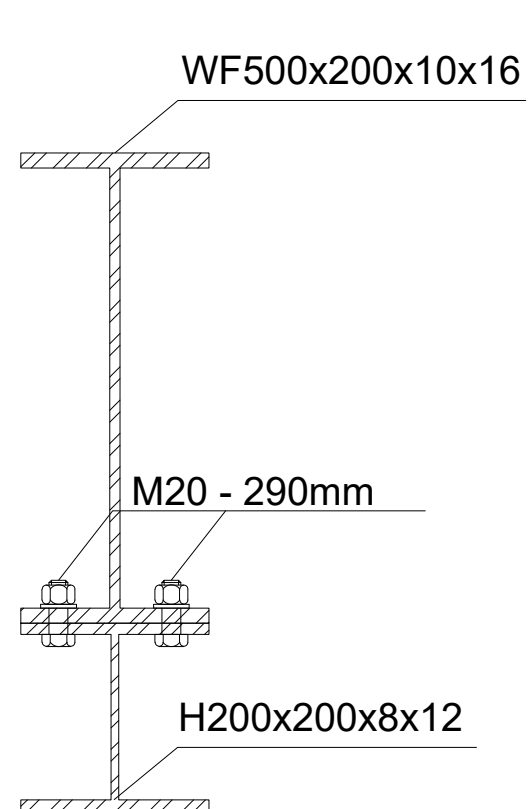
Detail
penampang
perkuatan lantai
4-7

KETERANGAN

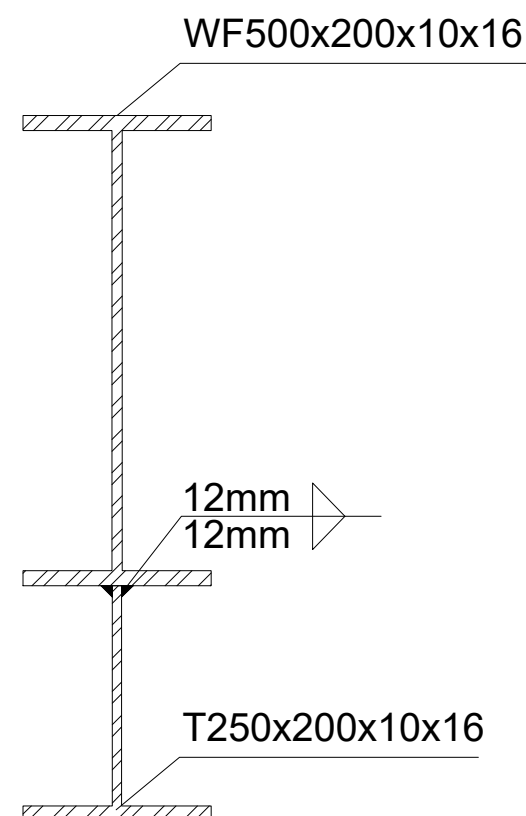
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

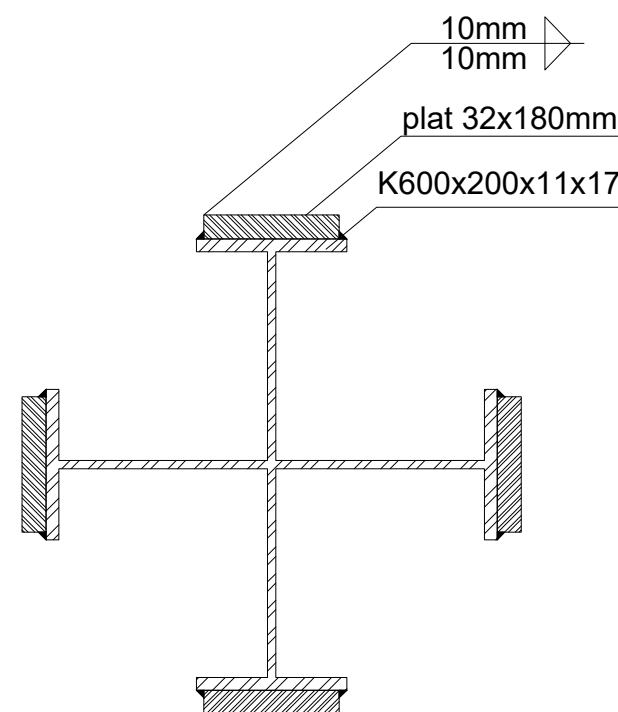
STR	39	52
-----	----	----



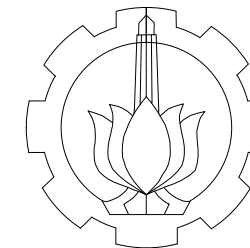
WF500 Kantilever
Skala 1:4



WF500 L=13m
Skala 1:4



K600
Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
1011151000002

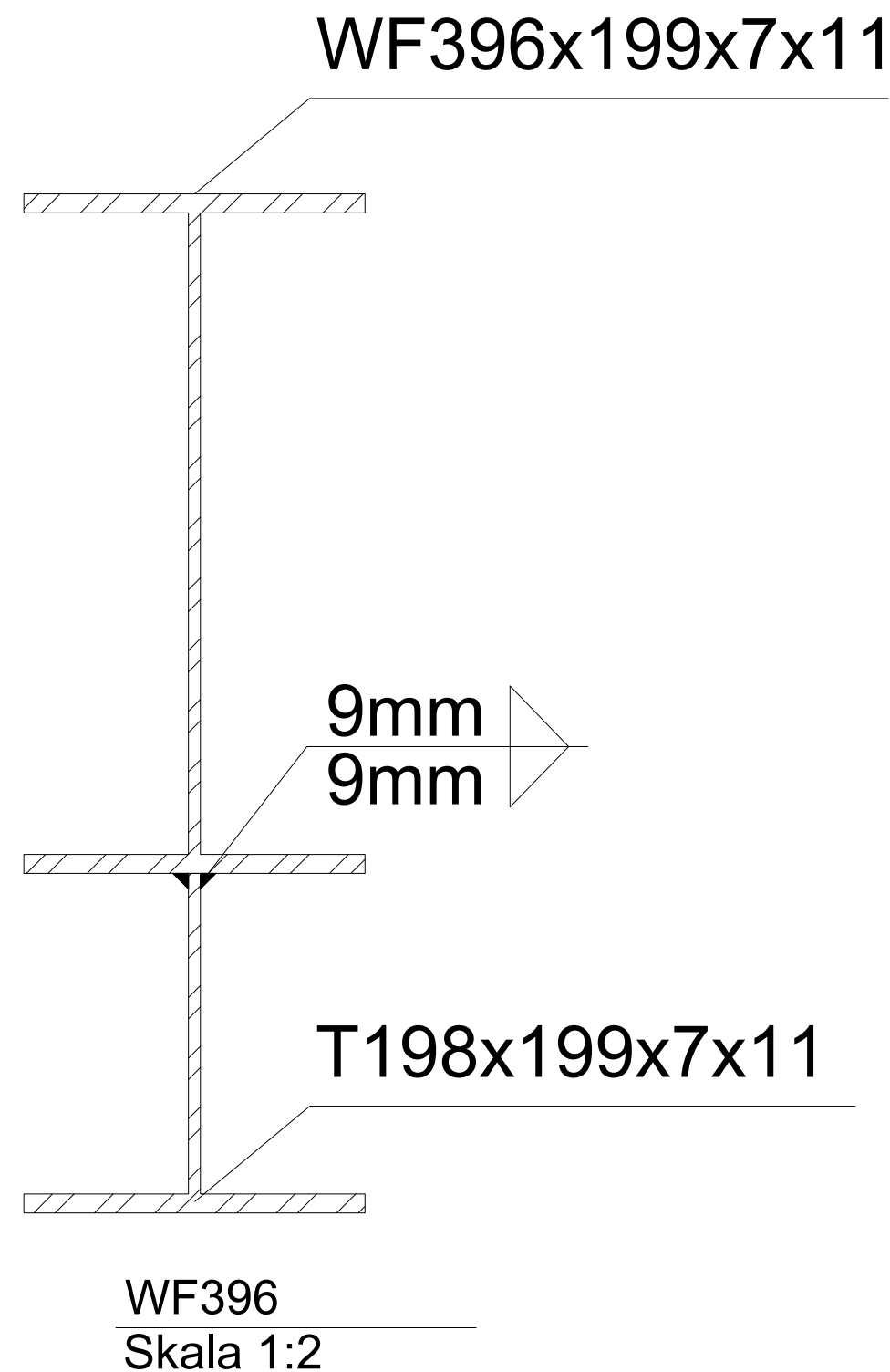
NAMA GAMBAR

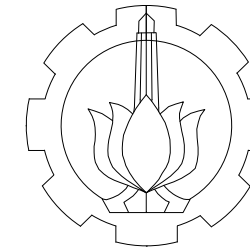
Detail
penampang
perkuatan atap

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	41	52





DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

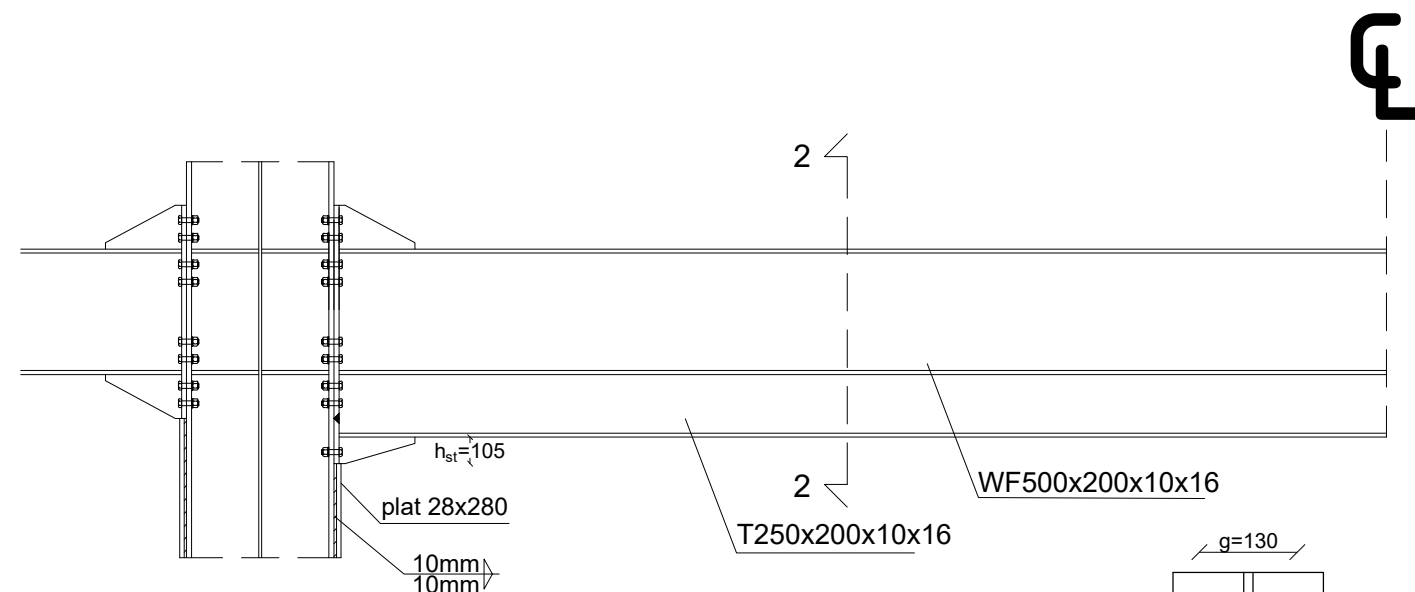
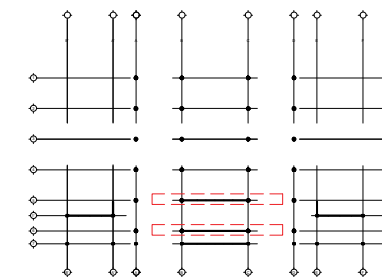
Detail perkuatan
 balok WF500
 L=13m, Lantai
 2-3

KETERANGAN

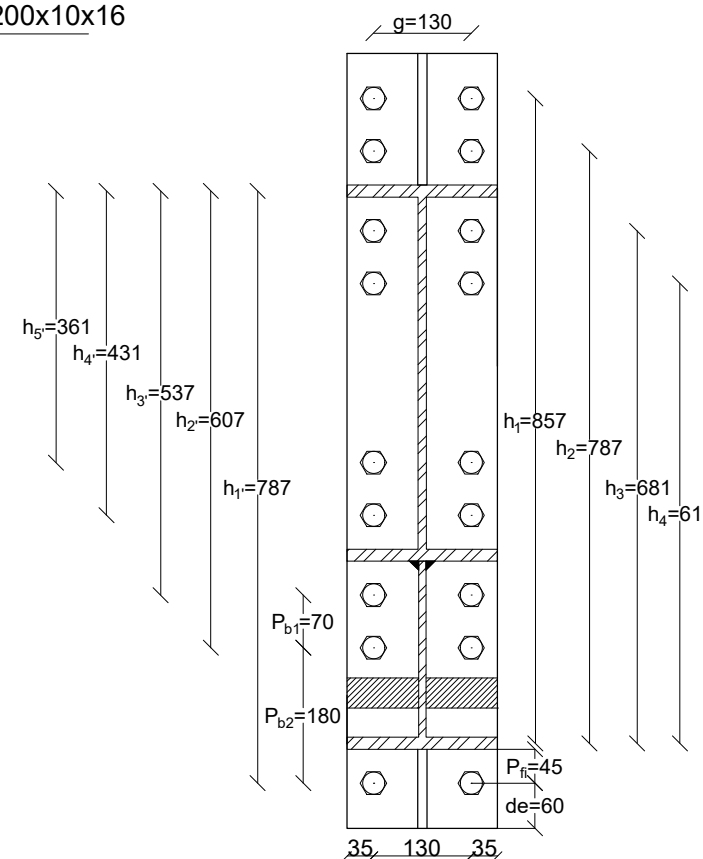
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

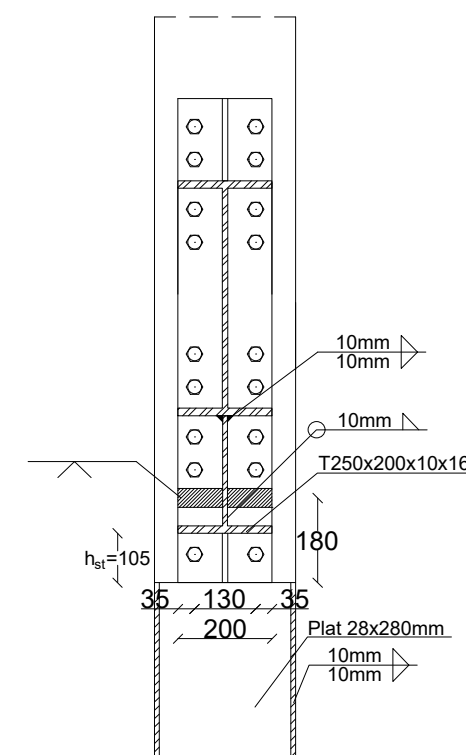
STR	42	52
-----	----	----



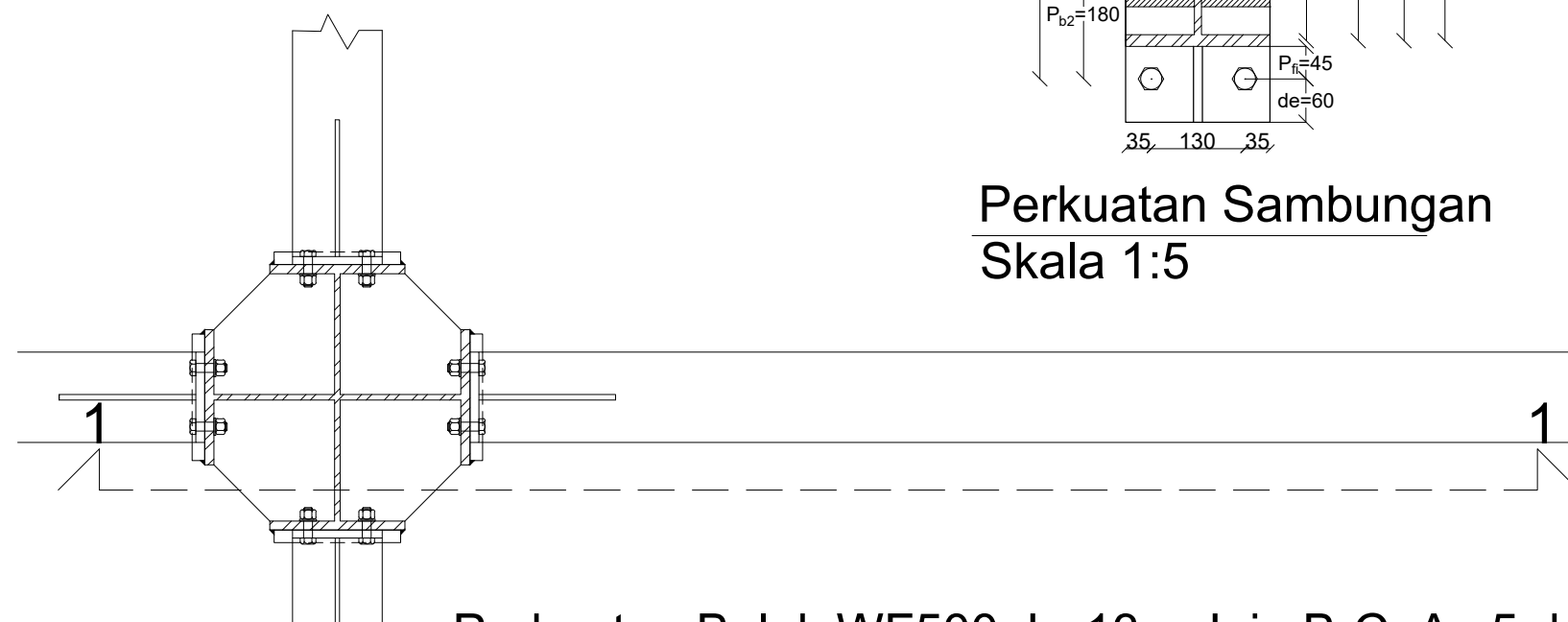
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



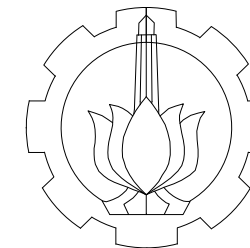
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF500, L=13m Join B-C, As 5 dan As 6
 Skala 1:8



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

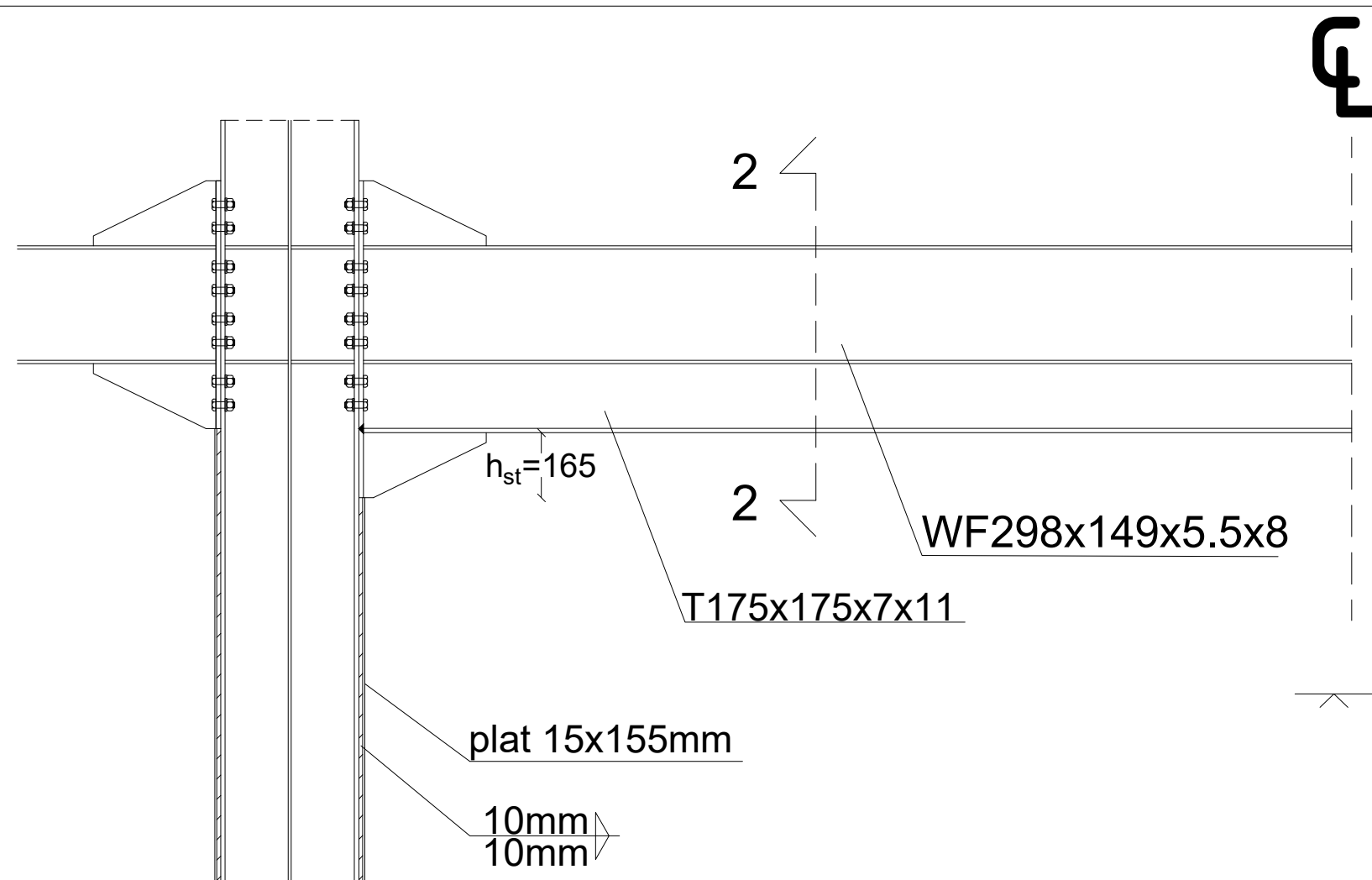
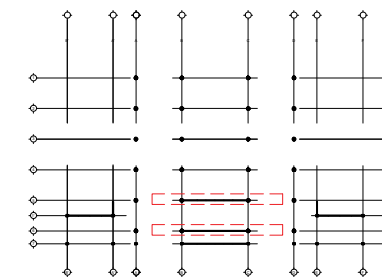
Detail perkuatan
 balok WF298
 L=13m, Lantai
 2-3

KETERANGAN

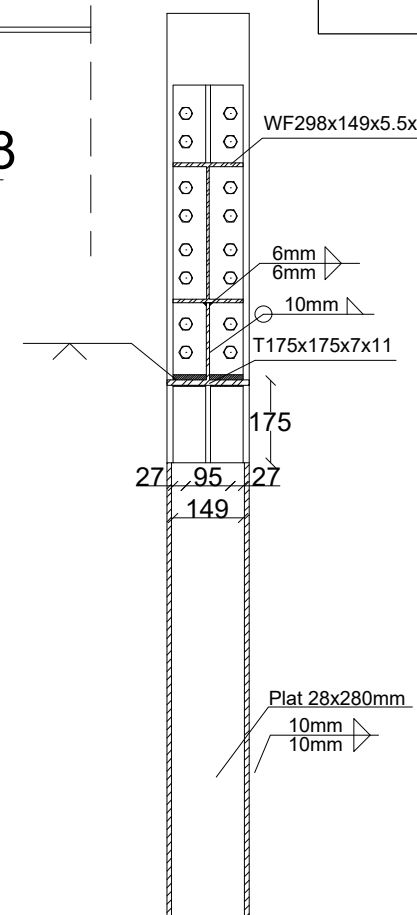
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

STR	43	52
-----	----	----



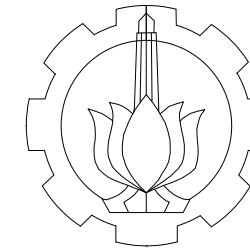
Cross Section 1-1
 Skala 1:8



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF298, L=13m Join B-C, As 7
 Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

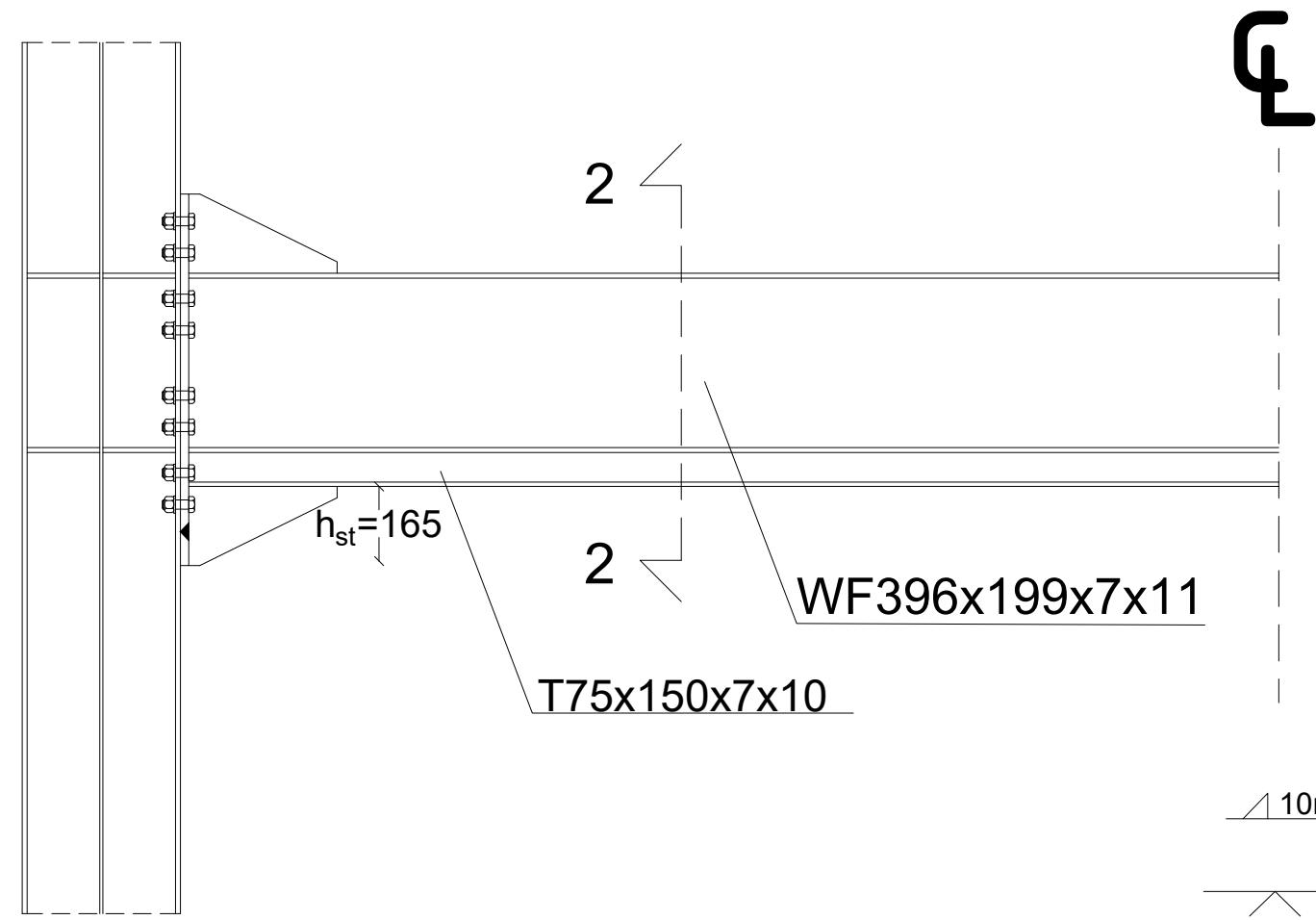
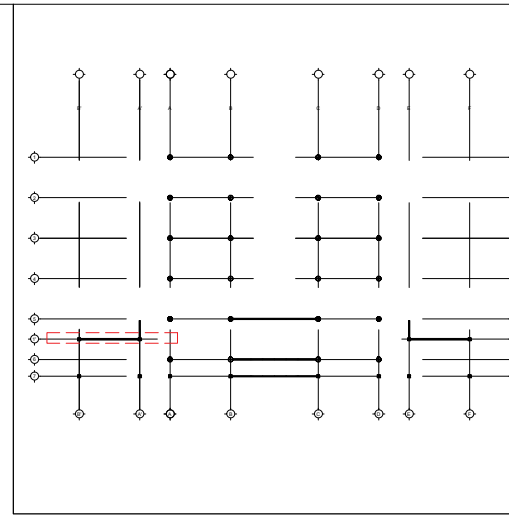
NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
 balok WF396
 L=9m, Lantai 2

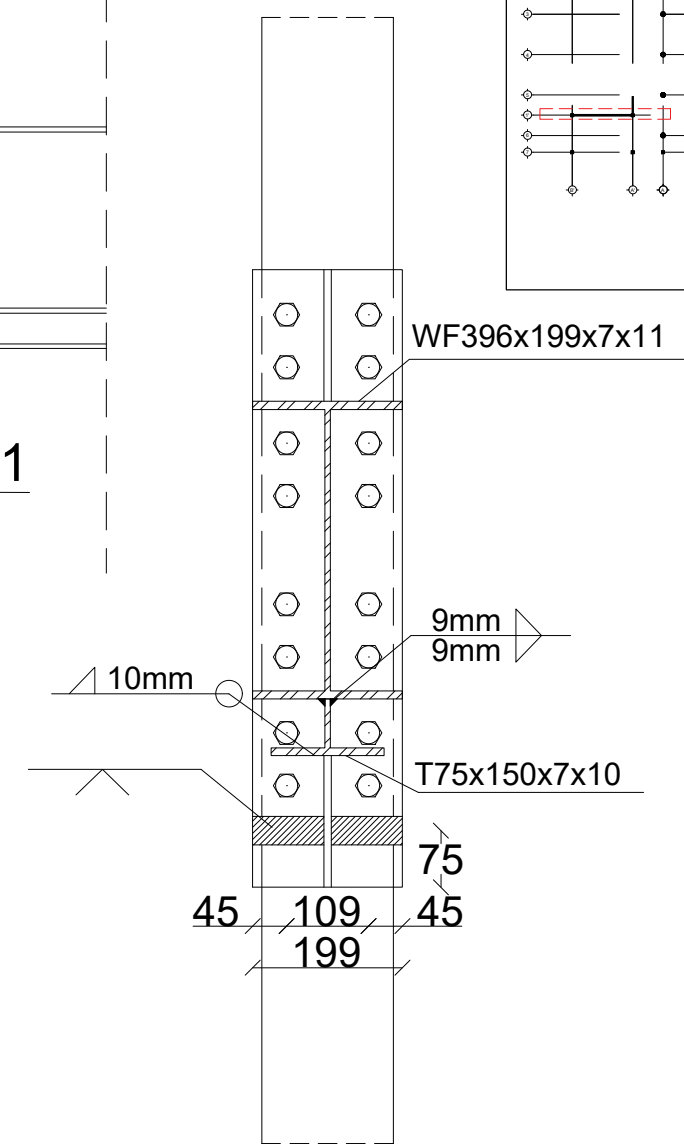
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
STR	44	52



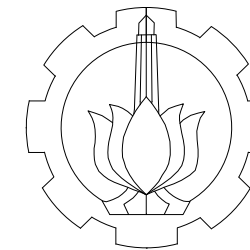
Cross Section 1-1
 Skala 1:8



Cross Section 2-2
 Skala 1:5



Perkuatan Balok WF396, L=9m Join B'-A' dan E-F, As 1'
 Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG**

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 10111510000002

NAMA GAMBAR

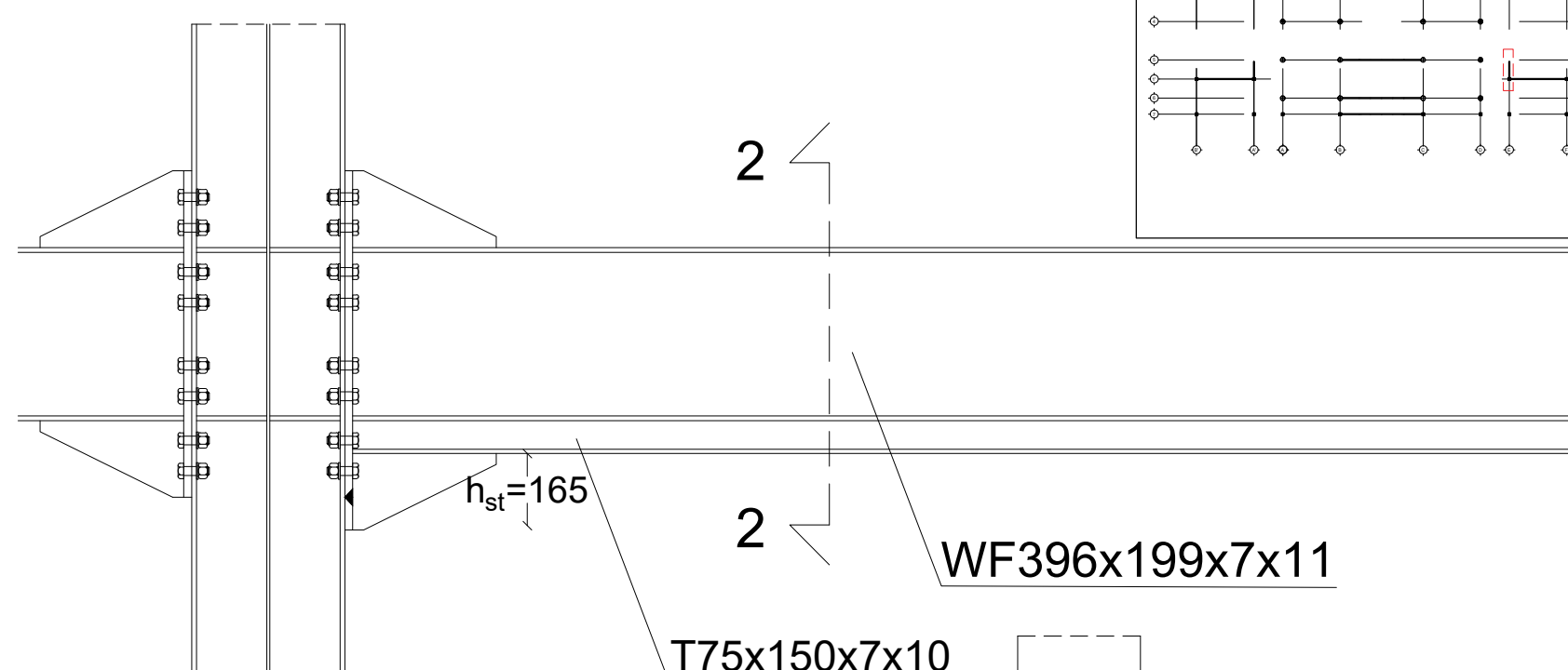
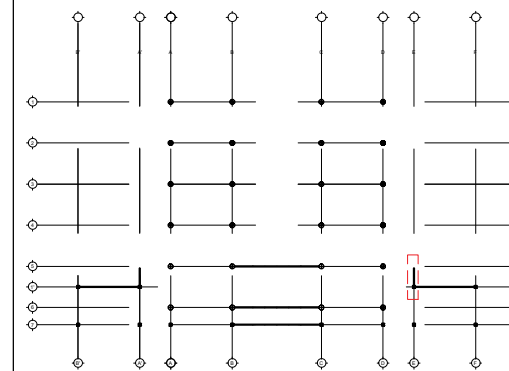
**Detail perkuatan
 balok WF396
 L=3m, Lantai 2**

KETERANGAN

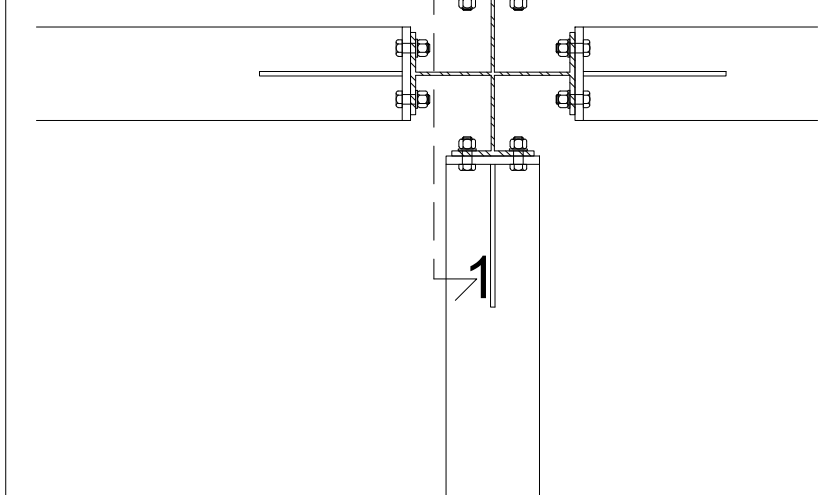
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

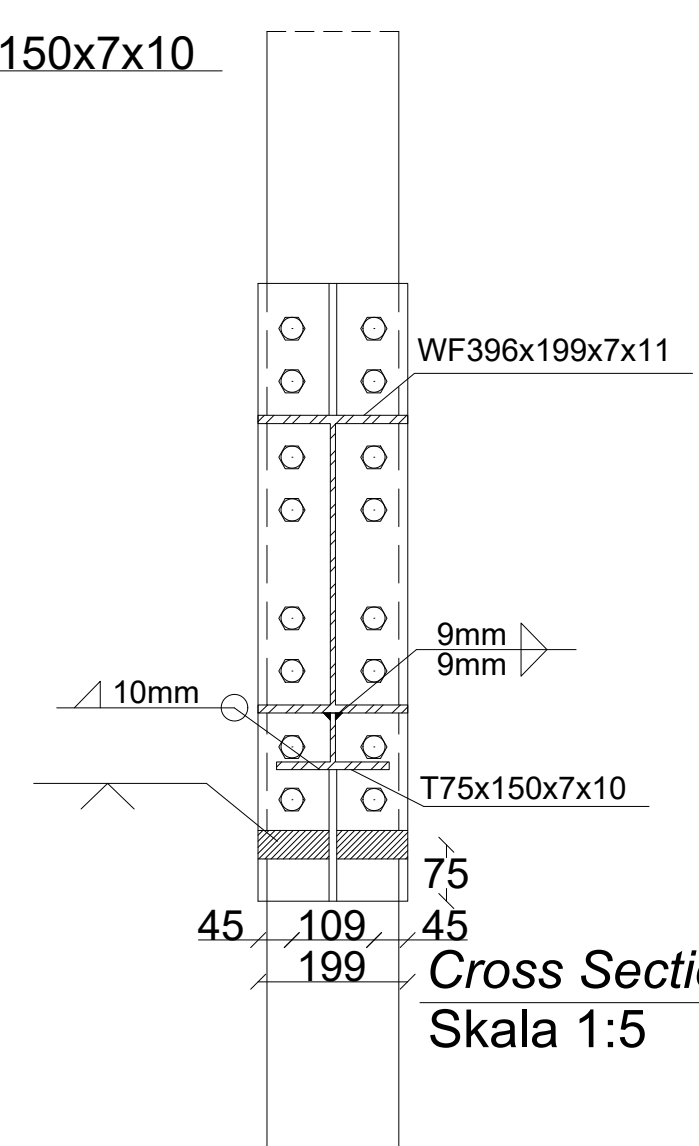
STR	45	52
-----	----	----



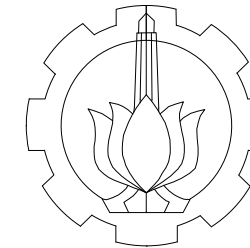
Cross Section 1-1
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF396, L=3m Join 5-1', As A' dan As E
 Skala 1:8



Cross Section 2-2
 Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

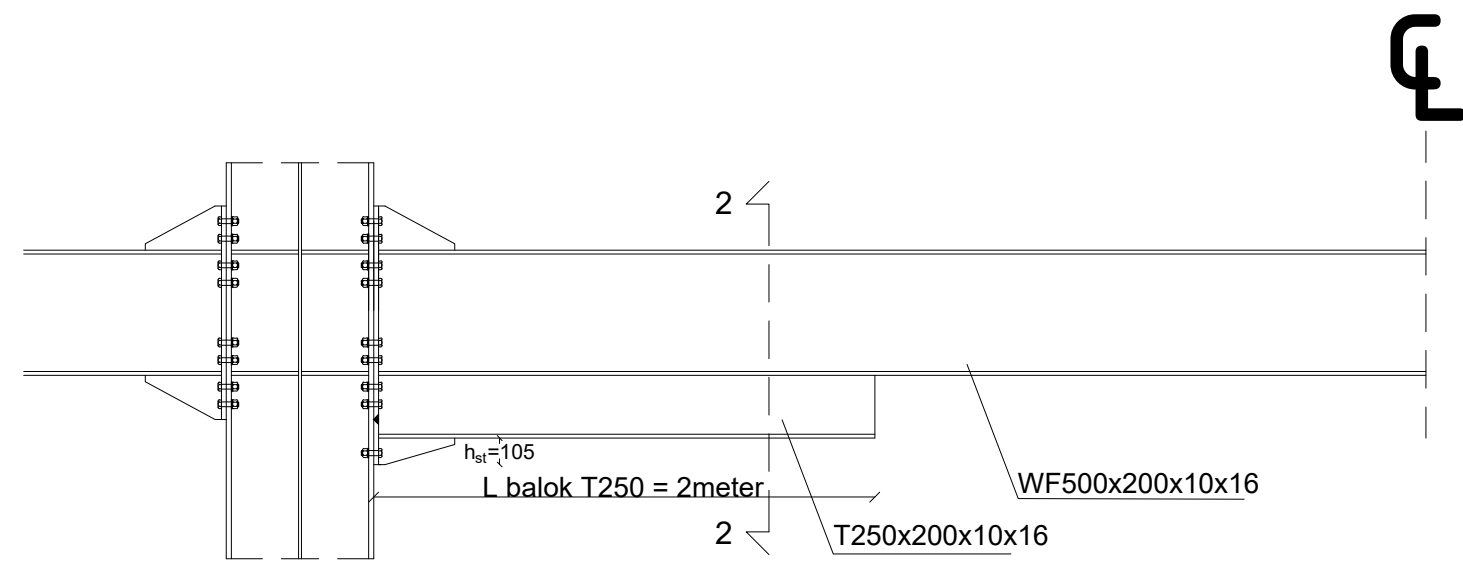
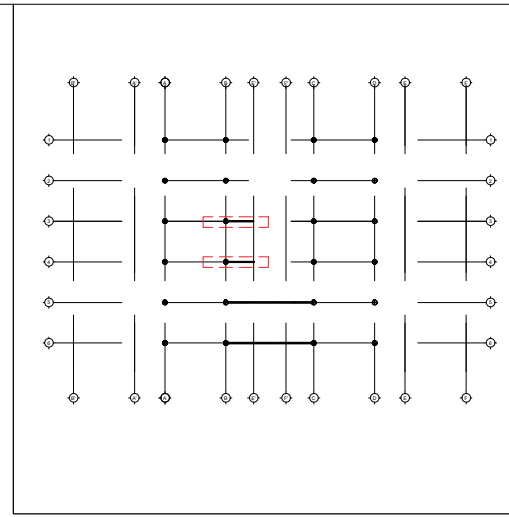
NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
 balok WF500
 Kantilever, Lantai
 3

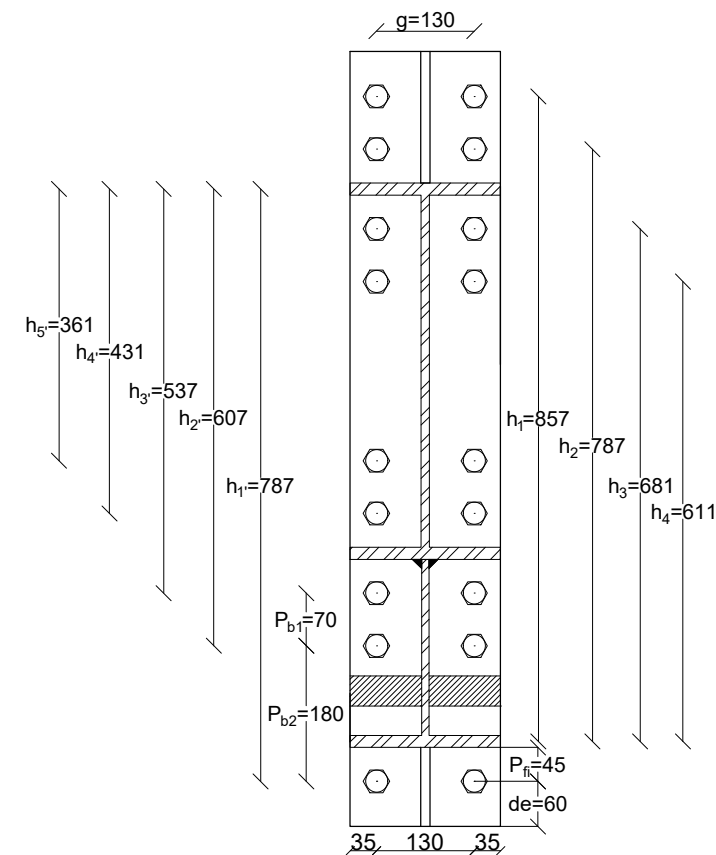
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

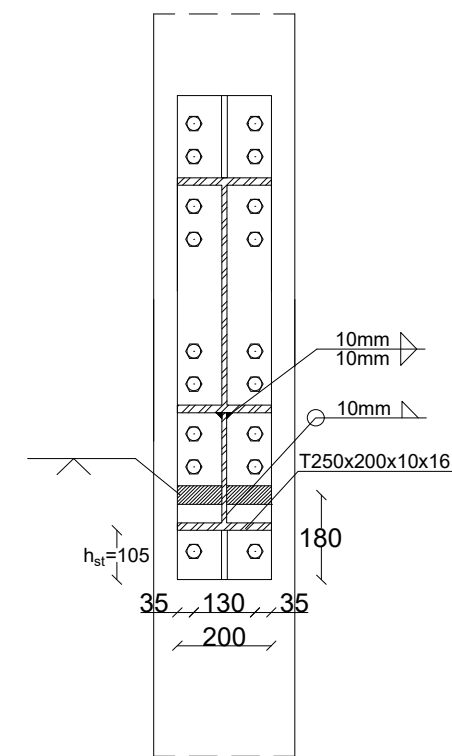
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	46	52



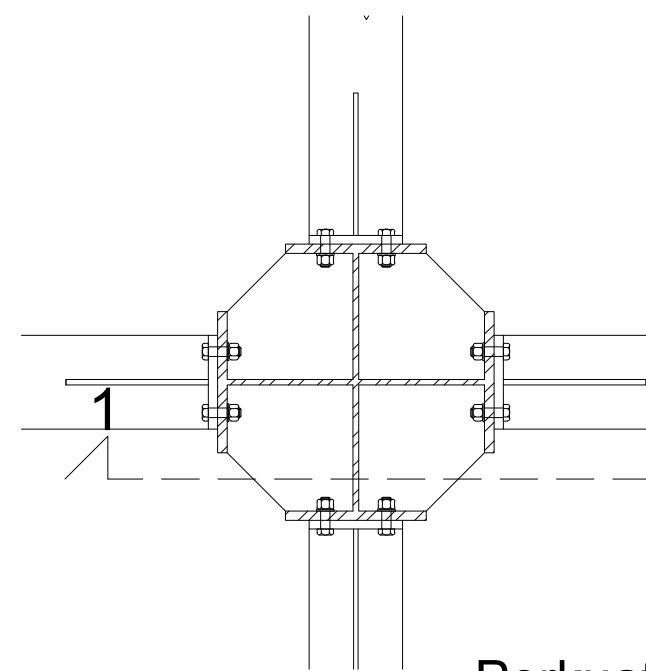
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



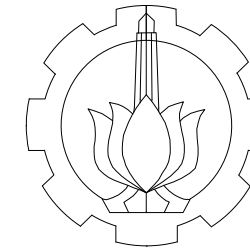
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF500 Kantilever Join B-E' dan F'-C, As 4
 Skala 1:8



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

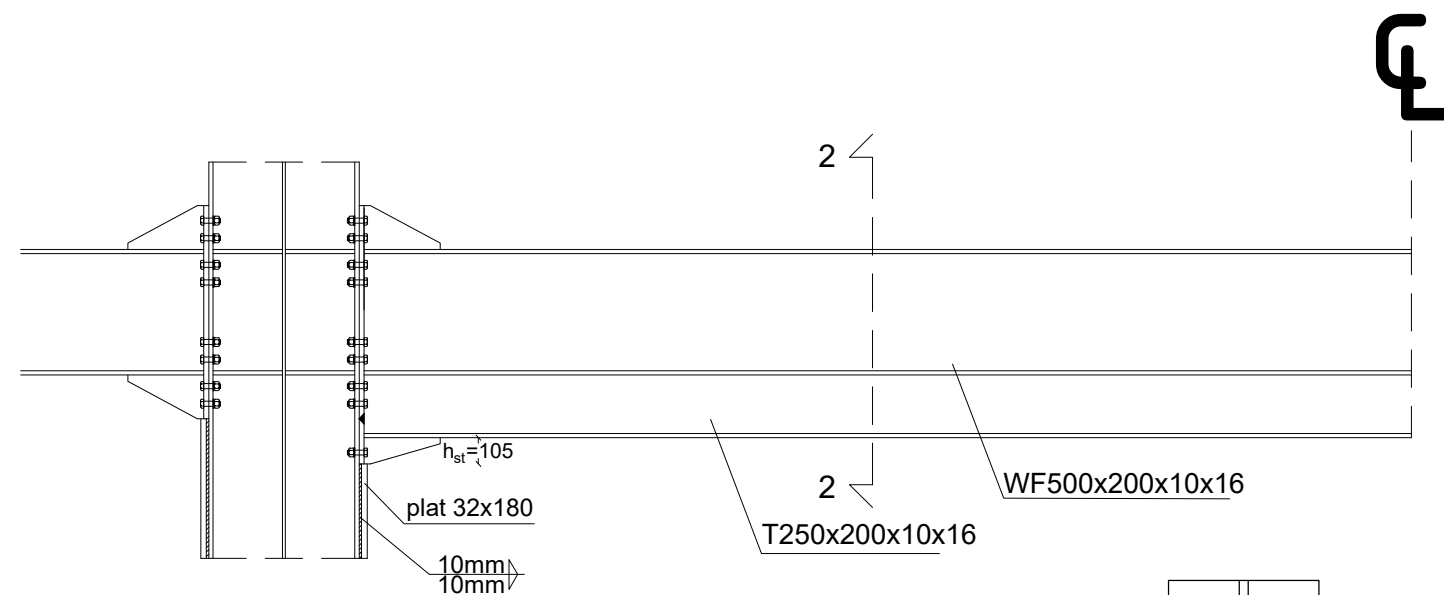
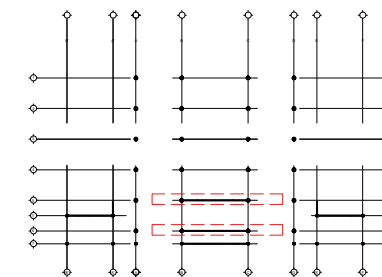
NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
 balok WF500
 L=13m, Lantai
 4-7

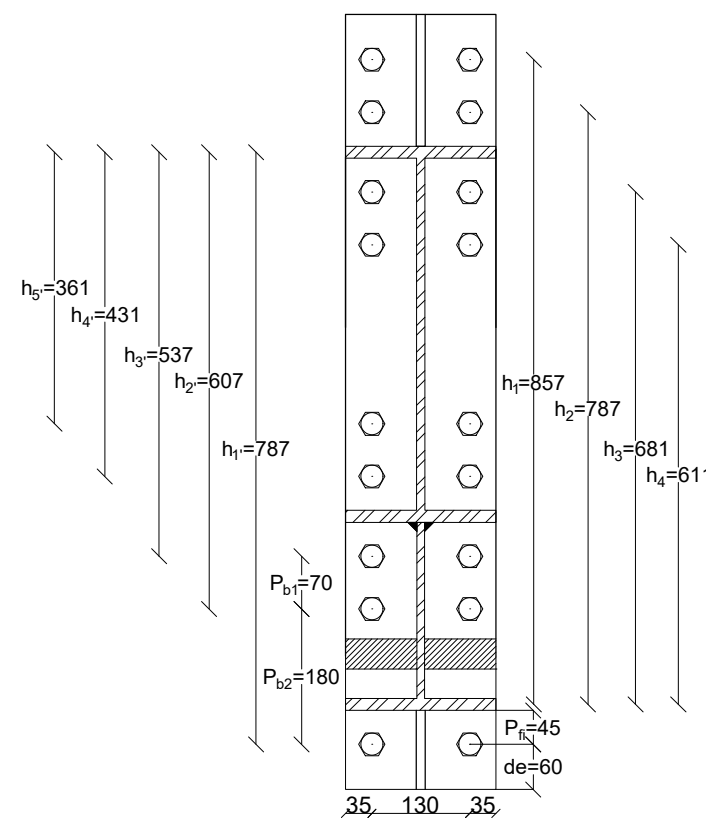
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

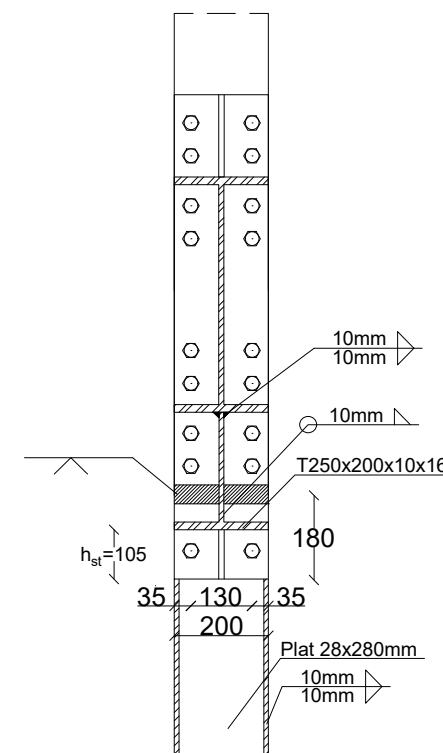
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	47	52



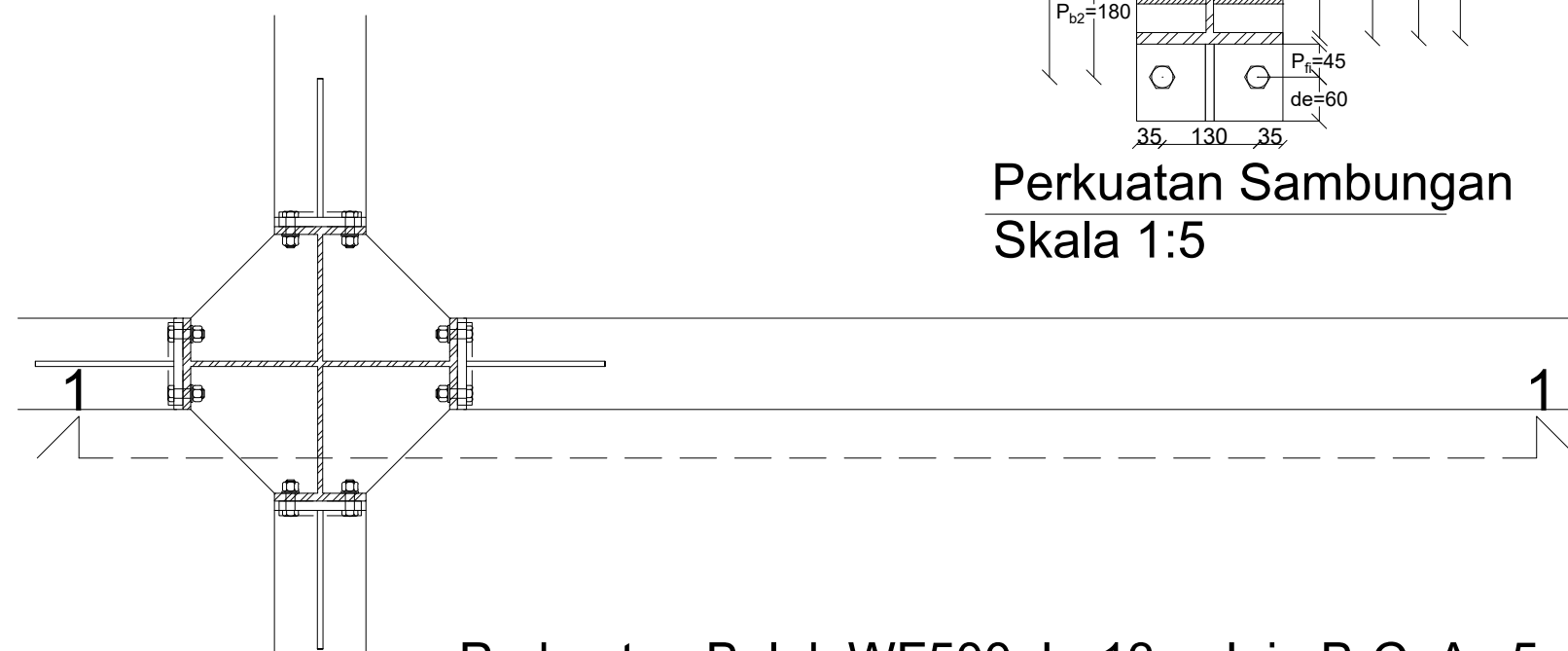
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



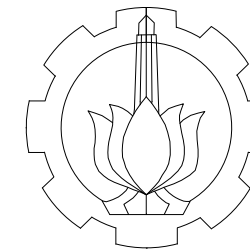
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF500, L=13m Join B-C, As 5 dan As 6
 Skala 1:8



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

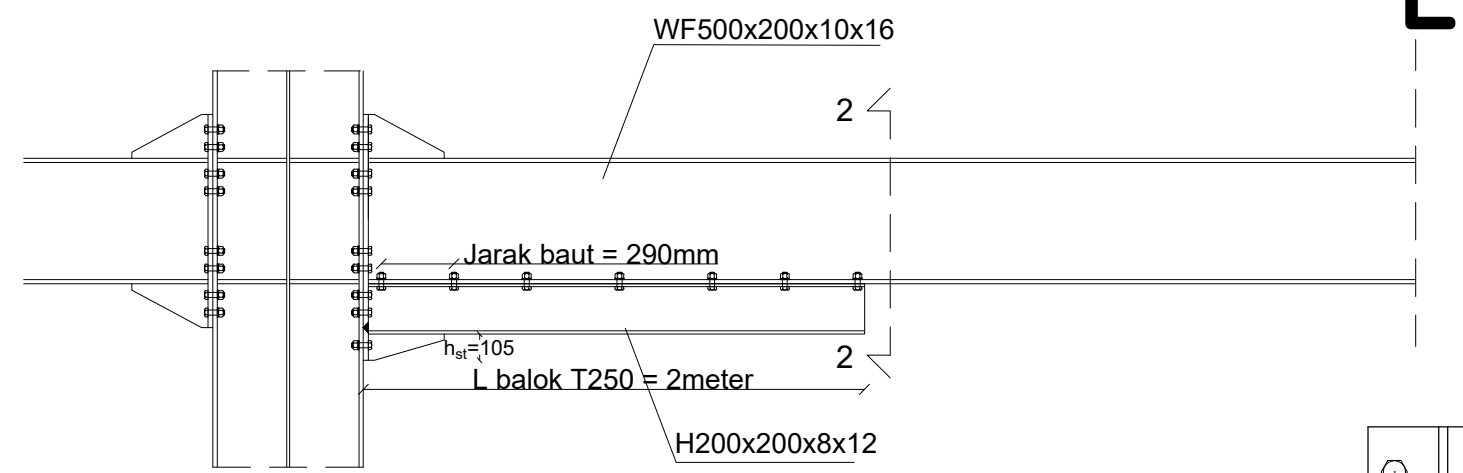
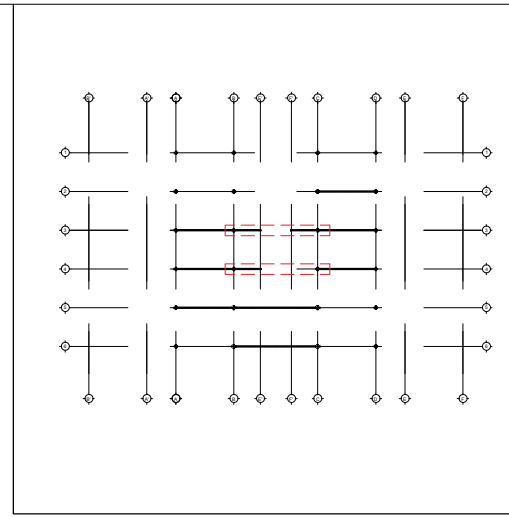
Detail perkuatan
 balok WF500
 Kantilever, Lantai
 4

KETERANGAN

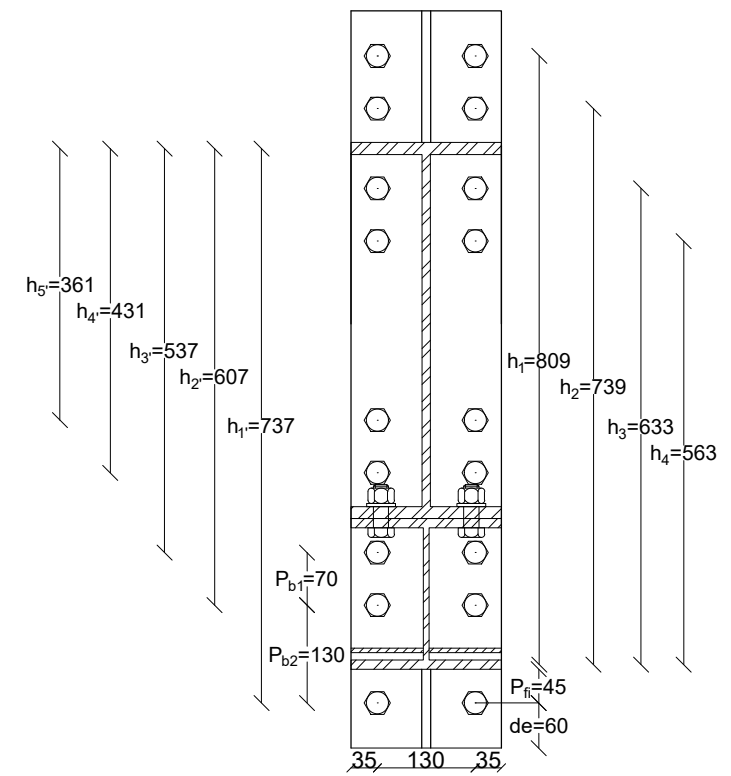
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

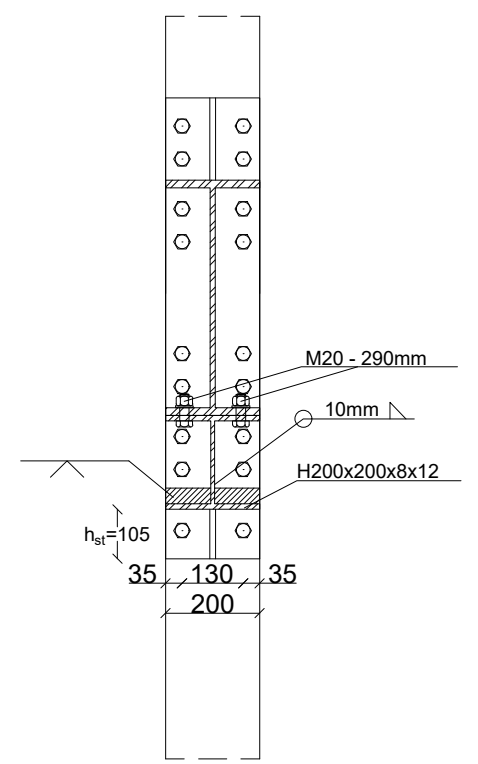
STR	48	52
-----	----	----



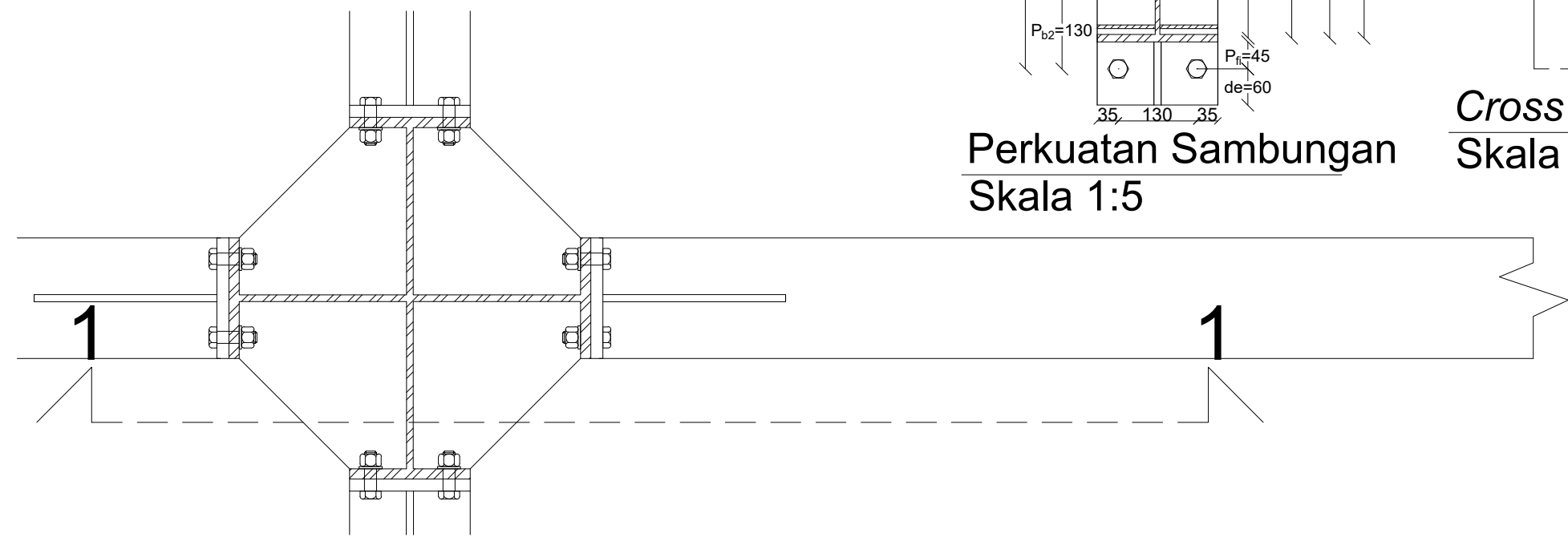
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



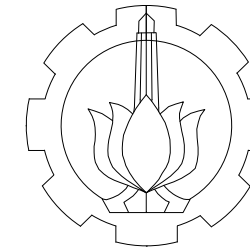
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF500 Kantilever Join B-E', As 3 dan As 4
 Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

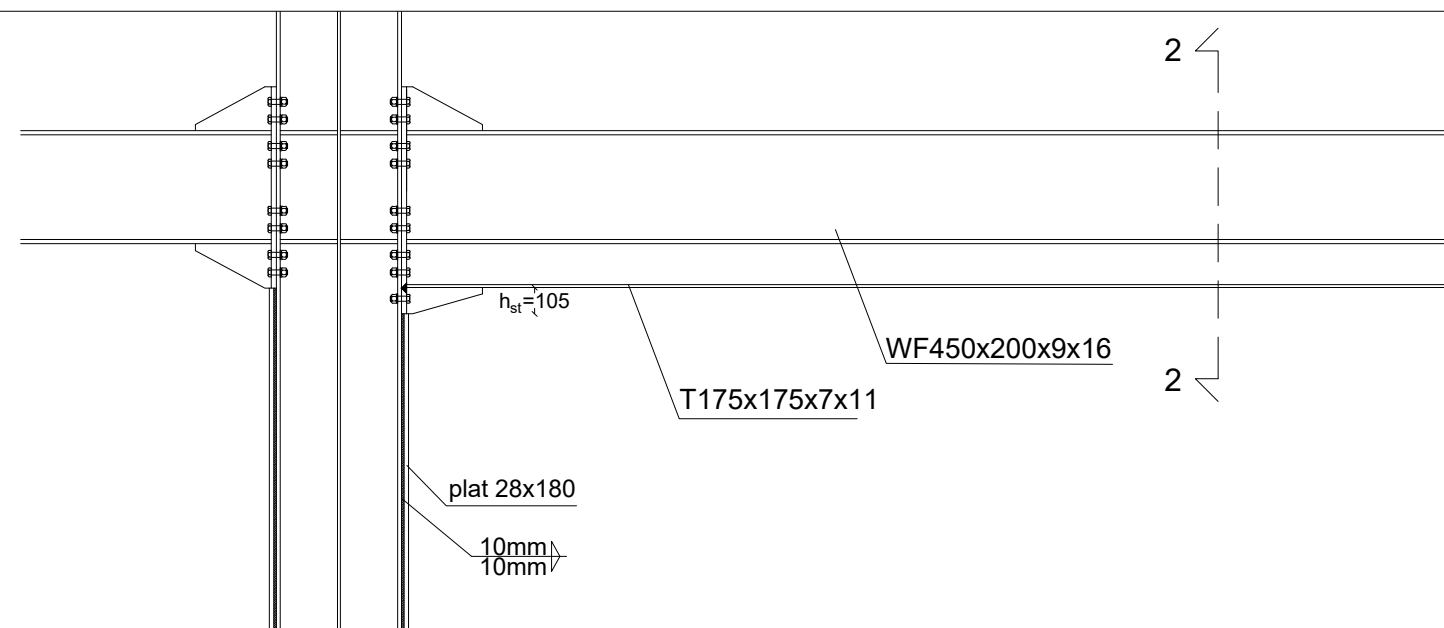
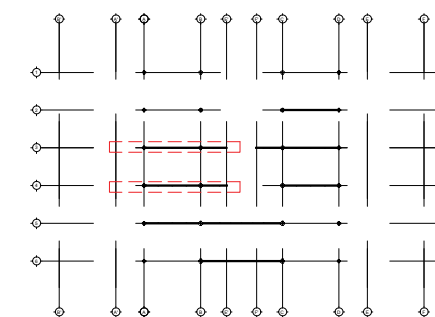
NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
 balok WF450
 L=9m, Lantai
 8-10

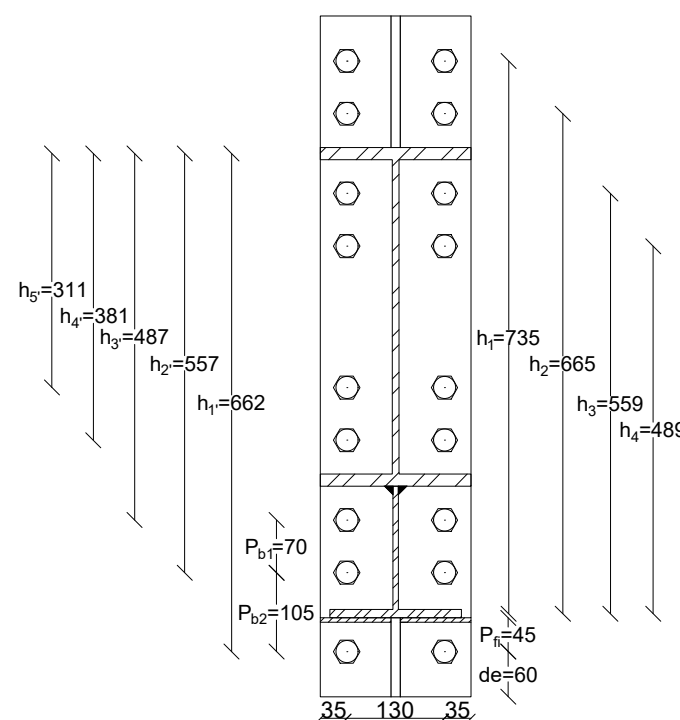
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

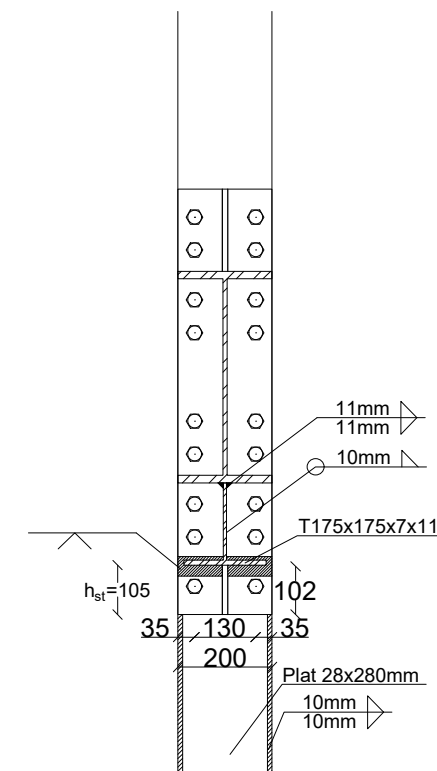
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	49	52



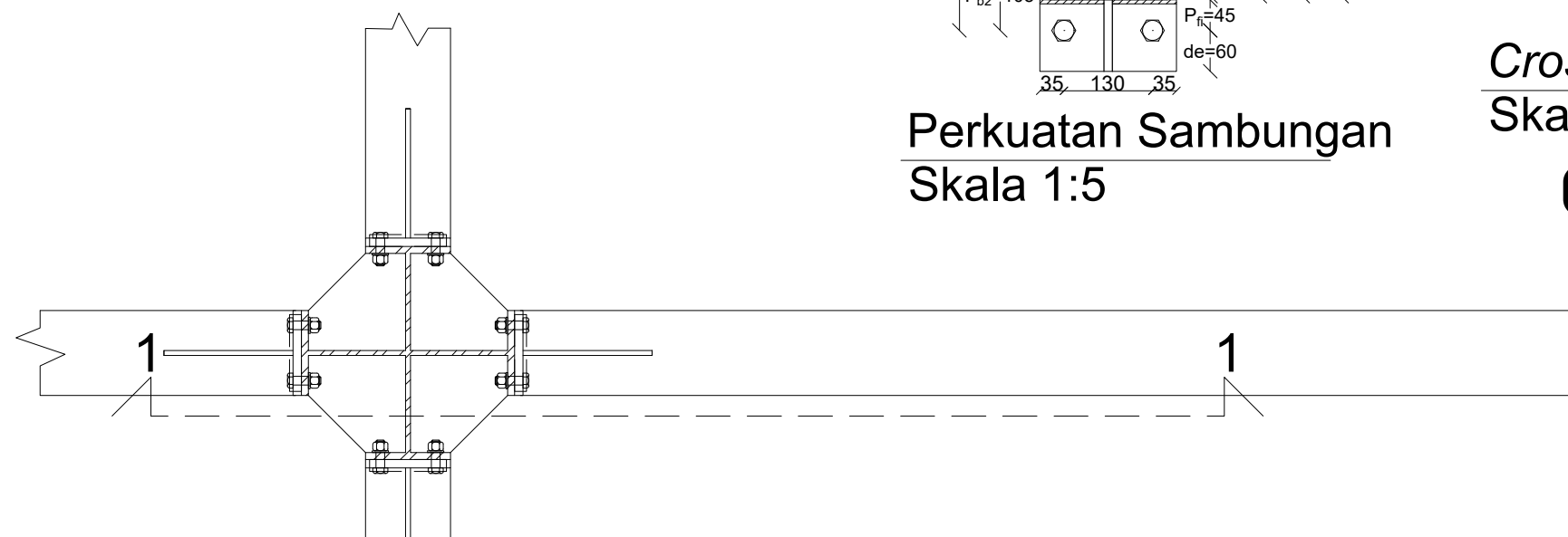
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



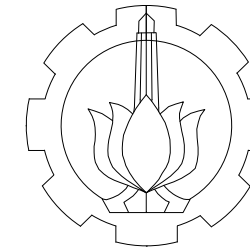
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF450, L=9m Join A-B, As 3 dan As 4
 Skala 1:8



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
 NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.
 NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

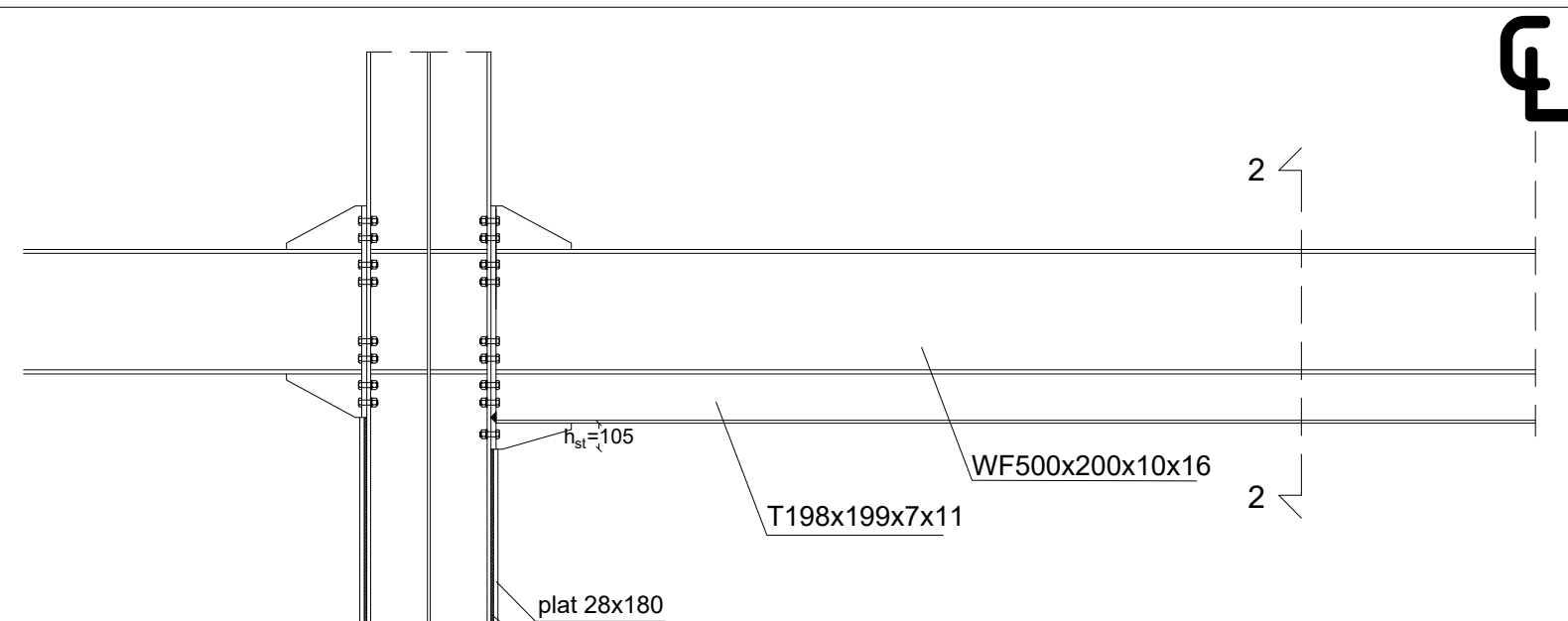
NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
 balok WF500
 L=13m, Lantai
 8-10

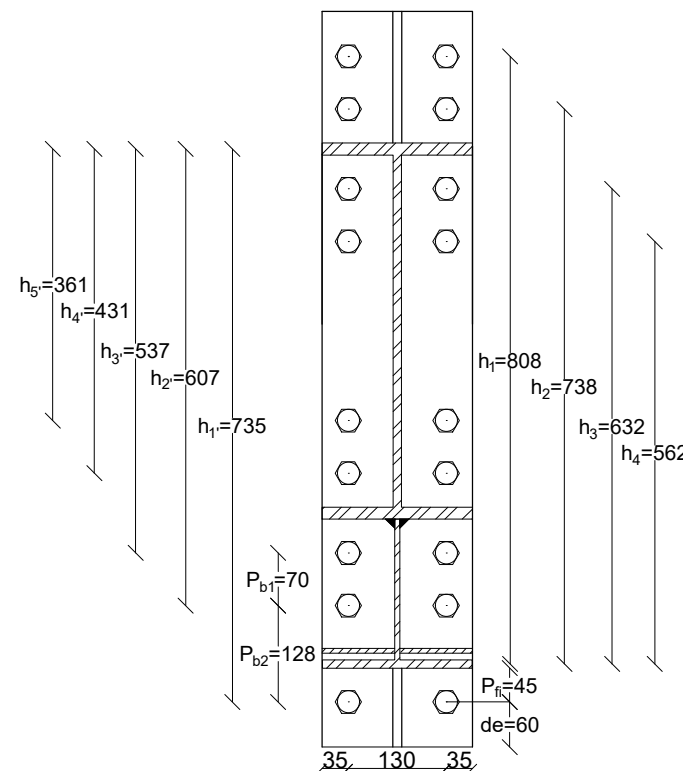
KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

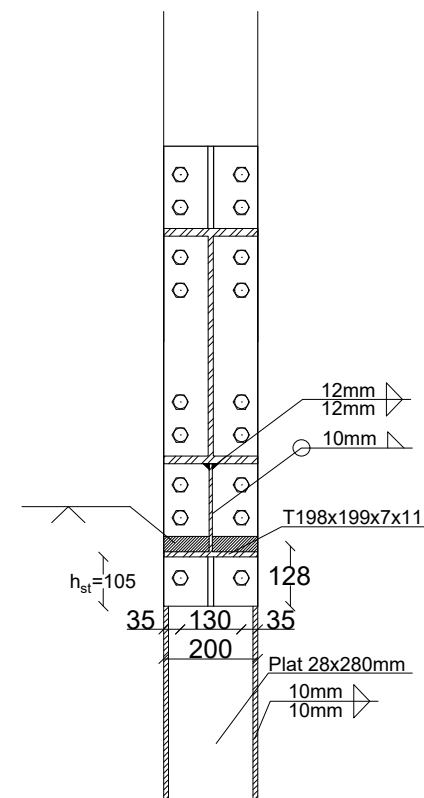
KODE	NO GBR	JML GBR
STR	50	52



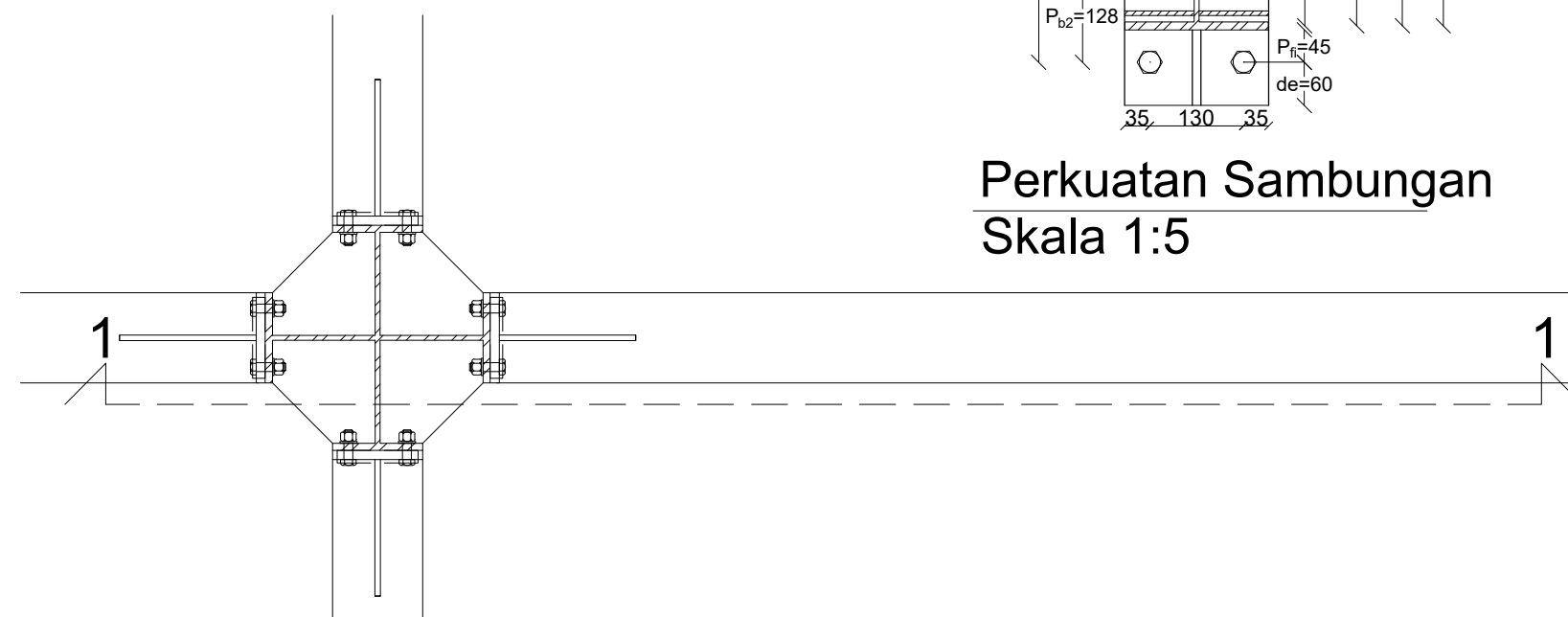
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



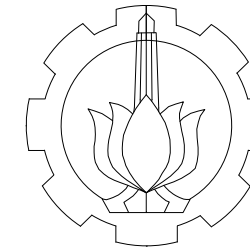
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



Cross Section 2-2
 Skala 1:8



Perkuatan Balok WF500, L=13m Join B-C, As 5 dan As 6
 Skala 1:8



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
 GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
 DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
 GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.

NIP : 19780201 200604 2 002

Afif Navir Refani, S.T., M.T.

NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
 1011151000002

NAMA GAMBAR

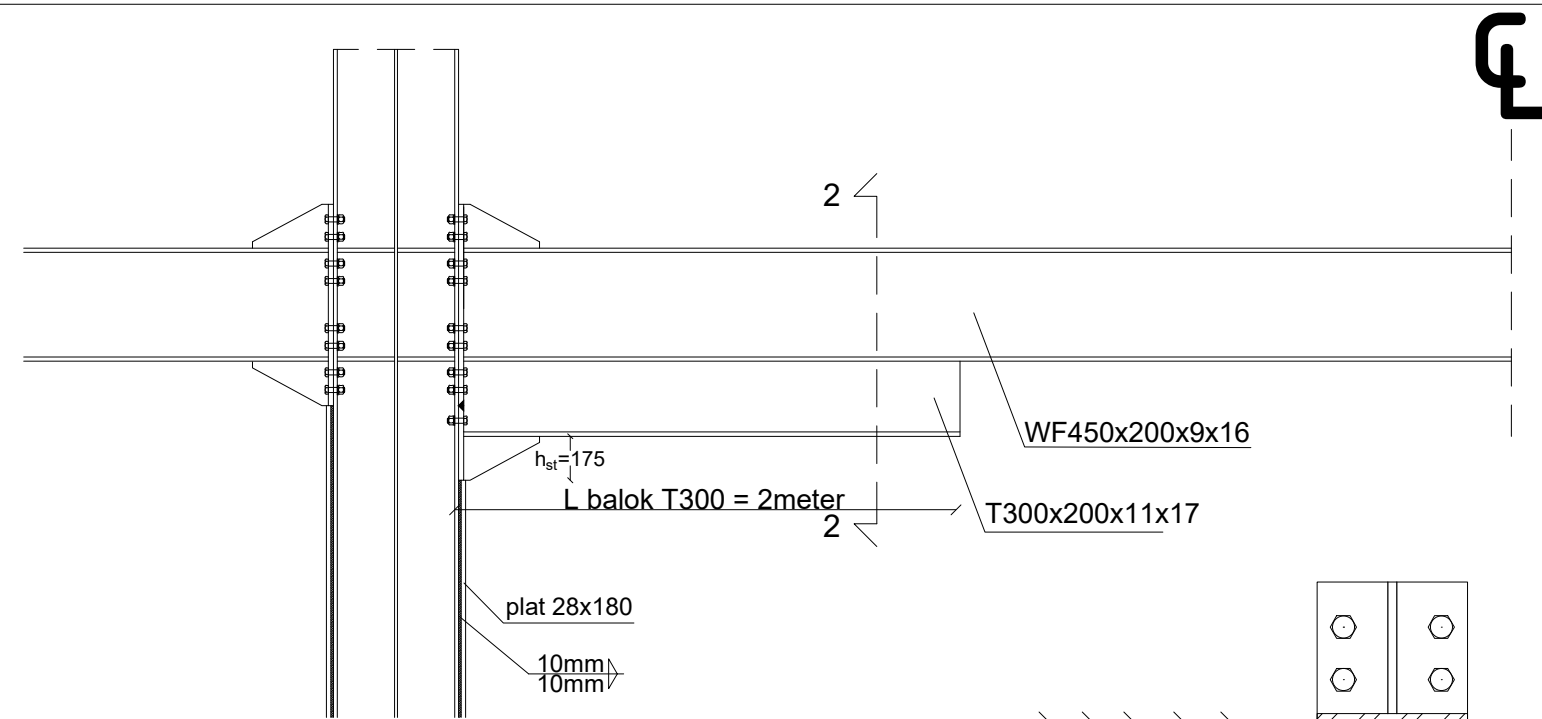
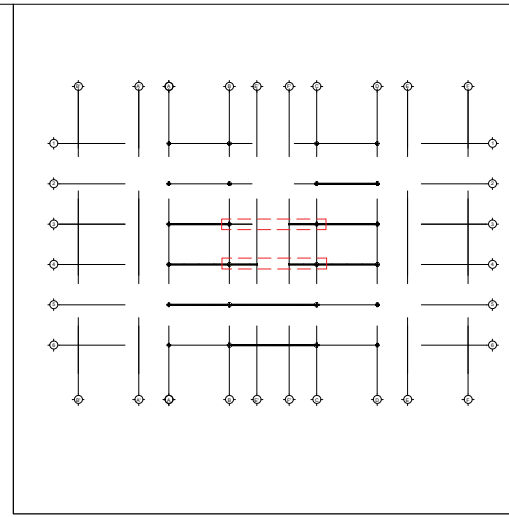
Detail perkuatan
 balok WF450
 Kantilever, Lantai
 8 - 10

KETERANGAN

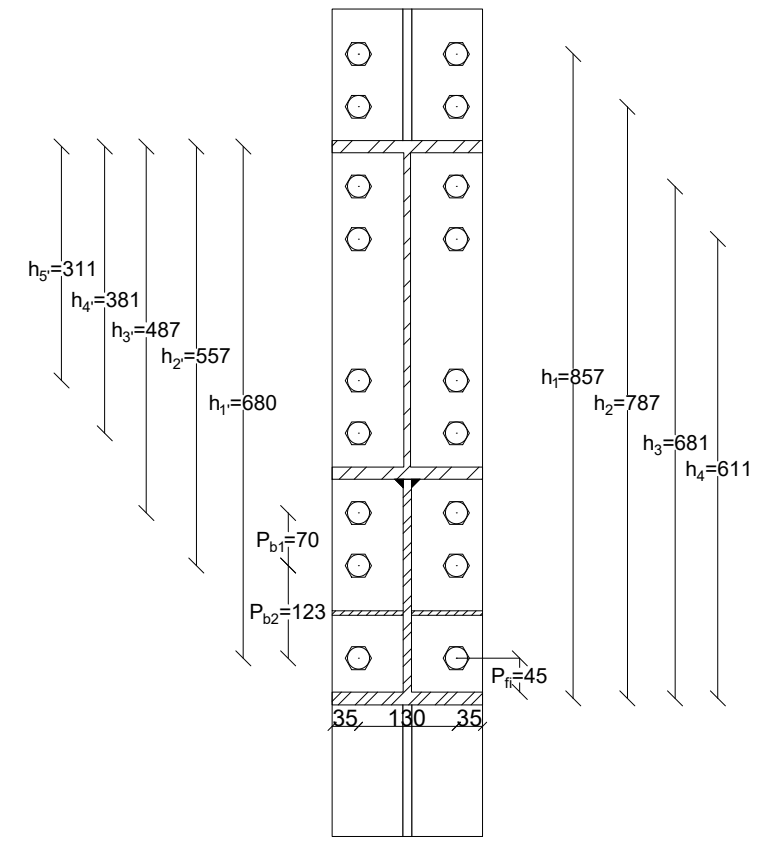
Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
 Lokasi Bangunan: Surabaya
 Mutu profil baja : ASTM-A36
 Mutu baut : ASTM A-325
 Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
------	--------	---------

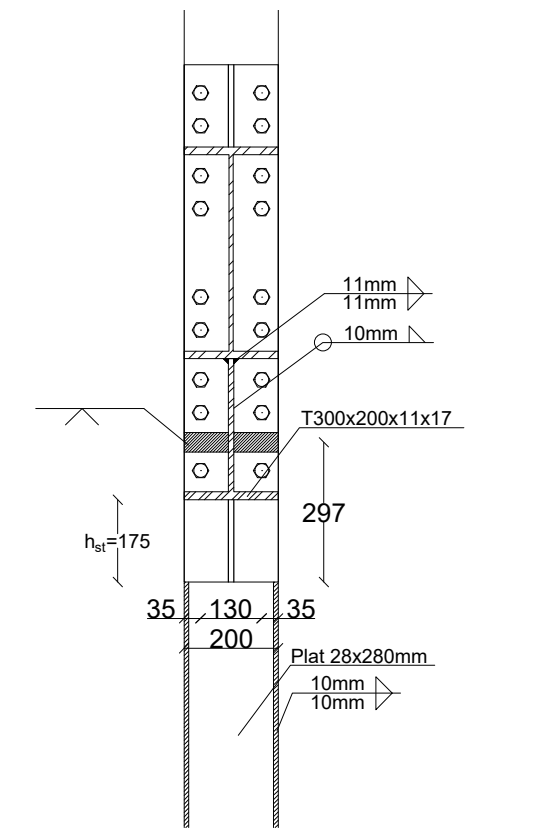
STR	51	52
-----	----	----



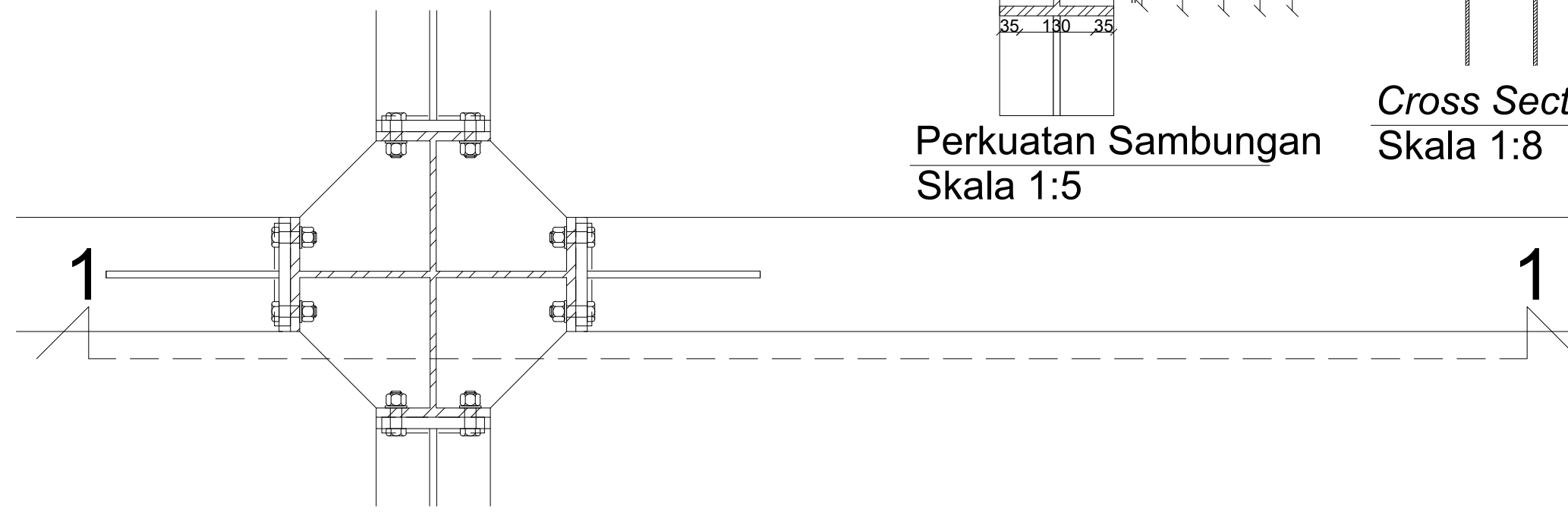
Cross Section 1-1
 Skala 1:15



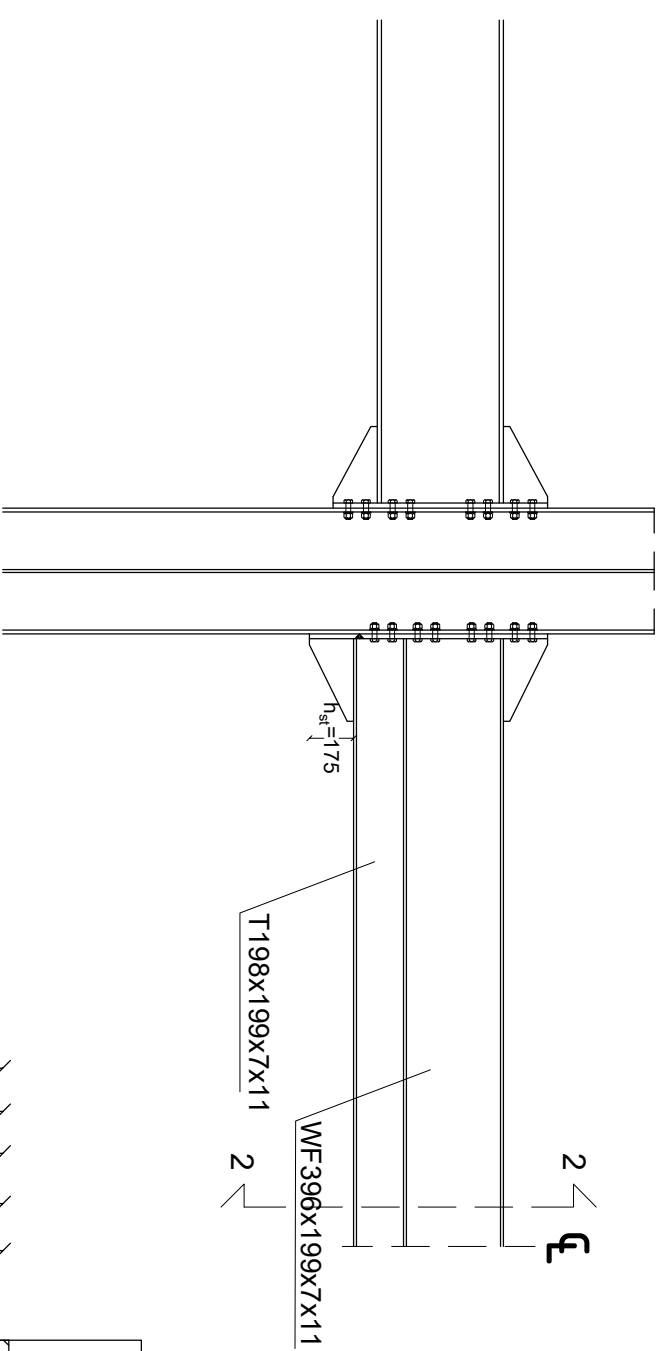
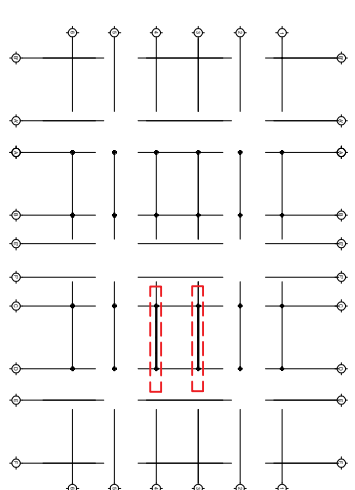
Perkuatan Sambungan
 Skala 1:5



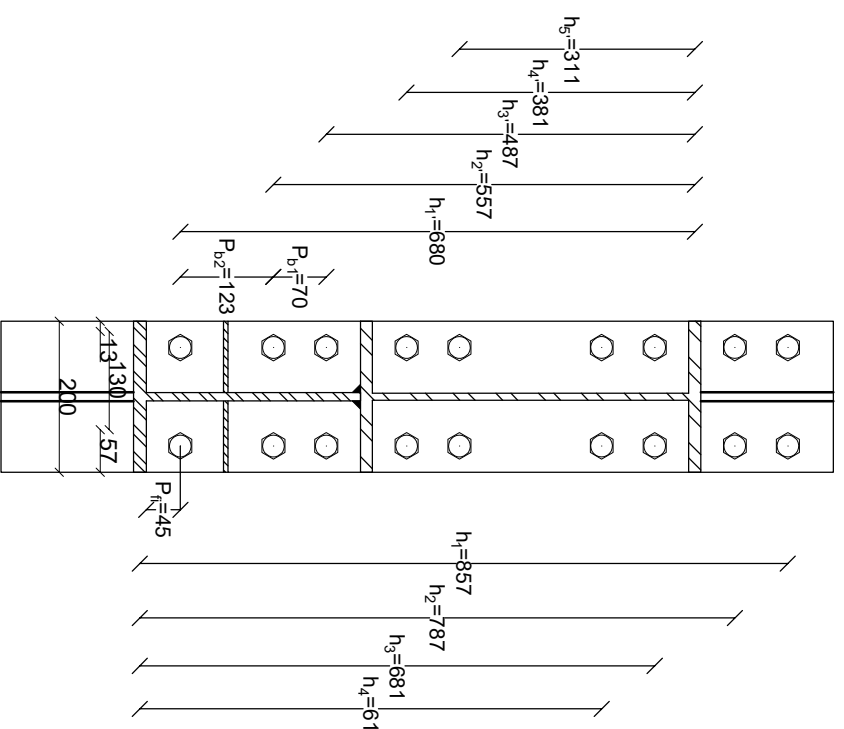
Cross Section 2-2
 Skala 1:8



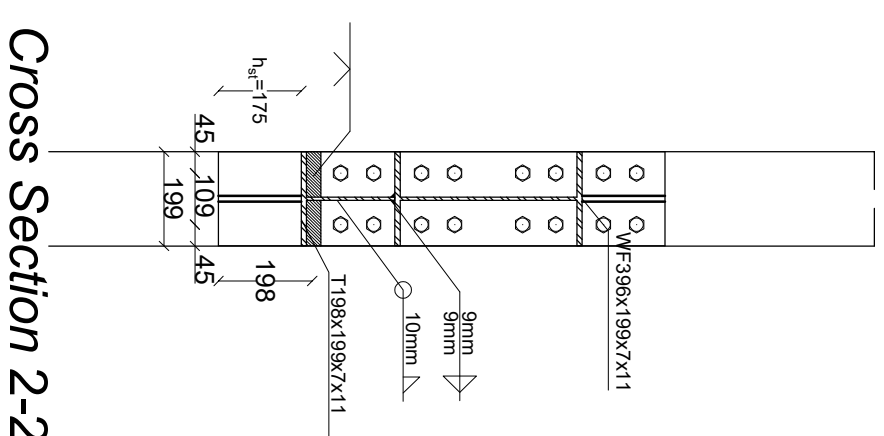
Perkuatan Balok WF450 Kantilever Join B-E', As 3 dan As 4
 Skala 1:5



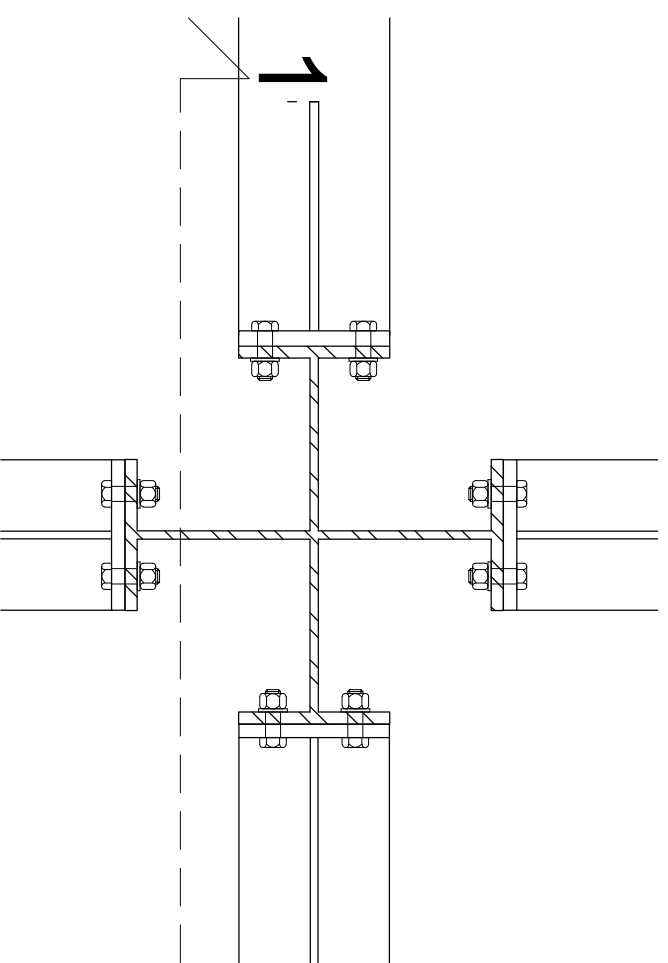
Cross Section 1-1
Skala 1:15



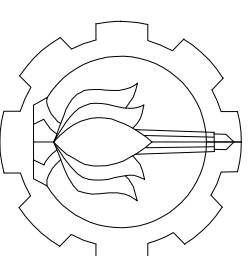
Perkuatan Sambungan
Skala 1:5



Cross Section 2-2
Skala 1:8



Perkuatan Balok WF396, L=9m, Join C-D, As 3 dan As 4
Skala 1:5



DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR BAJA
GEDUNG PERKULIAHAN 10 LANTAI
DI SURABAYA AKIBAT SIMULASI
GEMPA SESAR KENDENG

DOSEN PEMBIMBING

Dr.Eng, Yuyun Tajumisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002
Aff Navir Refani, S.T., M.T.
NIP : 19840919 201504 1 001

NAMA MAHASISWA

Fikri Ghifari
101115110000002

NAMA GAMBAR

Detail perkuatan
balok WF396 ,
L=9m, Lantai
atap

KETERANGAN

Fungsi bangunan: Gedung perkuliahan
Lokasi Bangunan: Surabaya
Mutu profil baja : ASTM-A36
Mutu baut : ASTM A-325
Mutu las : E-70xx

KODE	NO GBR	JML GBR
-------------	---------------	----------------

STR	52	52
-----	----	----