



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) DENGAN
MENGUNAKAN METODE *BASE ISOLATION HIGH
DAMPING RUBBER BEARING* (HDRB)**

DEA FAUZIAH LARASATI
NRP. 10111510000059

Dosen Pembimbing 1
Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

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

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



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) DENGAN
MENGUNAKAN METODE *BASE ISOLATION HIGH
DAMPING RUBBER BEARING* (HDRB)**

**DEA FAUZIAH LARASATI
NRP. 1011151000059**

**Dosen Pembimbing 1
Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001**

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

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

“halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT PROPOSAL - VC 181819

**DESIGN OF STRUCTURAL BUILDING OF ILMU
KEOLAHRAHAAN FACULTY OF UNIVERSITAS
NEGERI MALANG (UM) USING BASE ISOLATION
HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)**

DEA FAUZIAH LARASATI
NRP. 10111510000059

Supervisor I
Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

Supervisor II
Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP. 19780201 200604 2 002

**APPLIED UNDERGRADUATE PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
VOCATIONAL FACULTY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

“halaman ini sengaja dikosongkan”



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

No. Agenda :
001979/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal : 17/01/2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) dengan Menggunakan Metode Base Isolation High Damping Bearing (HDRB)		
Nama Mahasiswa	Dea Fauziah Larasati	NRP	1011151000059
Dosen Pembimbing 1	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. NIP 19780201 200604 2 002	Tanda tangan	

P. Pjoho =	URAIAN REVISI	Dosen Penguji	
1)	Bedakan prinsip utama base isolasi dg str yg anda pelajari di kelas, perub str perub fixed base → base isolasi, apa efek ke dalam yd lain.		
2)	Kesimpulan hrs menjawab volume tujuan (tujuan dirubah) → ditunjukkan antara kesimpulan & tujuan.		Ridho Bayuaji, S.T, M.T, Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002
3)	Tujuan: Keuntungan base isolator.		
4)	Prosedur perhitungan gaya aksial y/ pembeban base isolator.		Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002
5)	Detailkan perbedaan perhitungan 2 handl p/ beam kolom smt y/ kedua sistem hb. s. y/ pondasi; batu s. 2 kolom; ti lentur; ti geser		
P. Buyung	(1) Kondisi & lokasi perencanaan disebutkan sebagai bahan pertimbangan perencanaan dengan base isolator.		
	(2) Perbedaan gaya dalam antara desain SPANK dengan desain menggunakan base isolator disampaikan pada laporan.		
	(3) Kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan tipe isolator di sebutkan		
	(4) Notes dan text / dimensi dalam gambar di perjelas / alihesankan.	Yang tidak terbaca	

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ridho Bayuaji, S.T, M.T, Ph.D. NIP 19730710 199802 1 002	Buyung Anugraha A, ST., MT NIP. 19740203 200212 1 002	-	-

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Nur Achmad Husin, ST., MT. NIP 19720115 199802 1 001	Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. NIP 19780201 200604 2 002



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 Dea Fauziah Larasati 2
NRP : 1 1011151000059 2
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) dengan menggunakan Base Isolation High Damping Rubber Bearing (HDRB)
Dosen Pembimbing : 1. Nur Ahmad Husin, ST., MT 2. Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	16 November 2018	- Kenapa pada Dead Load dan Live load				
		momennya sudah berbeda pada fixed				
		base dan base isolator.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cek pada kolom mengalami displacement		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- 4.3 Analisa hasil				
		- baca definisi W itu beban mati dan live.				
		tidak self weight dari SAP		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- koreksi beban hidup		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Berat struktur mati hidup aja nanti				
		dilihat dijumlah 2 nya dari SAP lihat				
bandagan sama self weight	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
- grafik simpangan antar lantai dibenarkan +	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
tambahkan satuan						
2	19 November 2018	- Interpolasi Sa untuk respon spektrum		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		komposit bahan beton		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- cari 3 syarat Tc dimana				
		- cari asal usul referensi Sa respons				
		spektrum komposit		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- cek rumus matematika lebih rinci		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- statement laporan, jurnal mengikuti apa						

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 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
		- cari struktur beraturan atau tidak beraturan	<i>[Signature]</i>			
3	21 November 2018	- Baca paper banyak-banyak cari tau - Kalau ada rumus baru selain SNI bisa dikasihkan sumbernya langsung - Cari tau apakah T_p boleh melebihi nilai T_m	<i>[Signature]</i>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
A	30 November 2018	- sketca gambar HPRS nya - Cari apakah kebiduan vertikal - penjelasan R_i di laporan - kasih ilustrasi - V_x dan y harusnya sama - cari syarat simpangan fixed bed - perhitungan pelat lihat terjepit penuh / elastis - tidak perlu kontrol retak, cek lagi - cek local akses ketom	<i>[Signature]</i>	B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>
				B <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	K <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 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	19 Desember 2018	- Geser balok bukaan dari SAP karena SRPMK				
		- Kapasitas $\times 0,25$ SRPMK		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Lihat kondisi gambar dua, gambar ambil dari SAP aja biar, momen ambil dari SAP		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- di diatas 1,85 terjepit penuh		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- kontrol momen adalah gaya \times jarak		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Mengorbitkan pada analisa permodelan				
		- hitung pelat basement juga yang kodap air				
		- minimal tebal 30 cm, cek SNI		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Gambarkan sketsanya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	2 Januari 2018	- Cek laporan yang salah penulisan				
		-	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Gaya-gaya aksial maksimum berapa harus tau				
		- gambar pile cap + detail, tiang pancang, jarak antar tiang berapa	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- di link detail pembalokan + as 2 panjang pengaluran				

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 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	27 Desember 2018	- Benar-benar se maksimal mungkin , segera hitung retaining wali dan struktur bawahnya				
		- Awal Januari sudah harus jadi semua + gambarnya ditunjukkan		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	4 Januari 2019	- Bikin denah dinding Retahan tanah untuk tau perhitungann volumenya .				
		- Cari tau corok tidak di tanah sedang		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Cari literatur nya harus sesuai				
		- selama kolom berenti itu warnanya putih		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- denah pelat ditambahkan elevasi, penilangan satu saja menerus, penamaan jgn kena baloknya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Asinya diwarnanya saja , ELEVASI jangan lupa!				
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 Januari 2019	- tambahkan keterangan pengelasan perhitungan pondasi pada bab 2		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- perhitungan Volume palu bentang bersih dan tidak beda jauh dari hasil revit		<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 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
10	2 Januari 2019	- Tampak tidak perlu pakai As, gambar ulang denah, tampak juga tidak perlu elevasi, skala dibesarkan	<i>Handwritten signature</i>			
		- Pembalokan denah, denah pelat + perubahan dan tipenya, daftar gambarnya, denah pembalokan hanya tipe, ukurannya dibawahnya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Denah potongan diketahui, nama potongan konsisten, lap splice gabole sambungan putus di tumpuan kolom		B	C	K
		- HBK begelnya ditampikan dari atasnya				
		dasar tekuk ditengah HBKnya diteruskan saja		B	C	K
		- HPEB ditabelkan spesifikasinya juga, ditulis kebalaman dan diameter angkur HPEB				
		- 3D besar saja satu		B	C	K
		- Kolom sengkang ditetek aja		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Rincian perhitungan volume yang manual, cek masa fiang pancang				
		- Kesimpulan gempa yang masuk seharusnya sekian tetapi menjadi berkurang karena memakai base isolator		B	C	K

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 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
11	11 Januari 2018	- Bikin denah dinding penahan tanah bentuk	} <i>Aurab</i>			
		atau perhitungan volumenya. keliling dikali				
		tinggi, dll.				
		- Ppt outline, kenapa pakai HUBB tipe itu.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	19 Januari 2018	- Harus jelas latar belakangnya, rawan	} <i>Aurab</i>			
		gempa di daerah Malang seperti apa		B	C	K
		gempanya dan piasatnya dimana, dijelaskan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		statement pada yang sudah pernah melakukan				
		Dasar teori disendirikan di ppt lain, di				
		Ppt tabel hasilnya saja hanya list di-		B	C	K
ringkas dan di ppt tidak ada rumus dan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
perhitungan, dan langsung buat perbandingan hasil						
				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

LEMBAR PENGESAHAN

“PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK) UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)*”

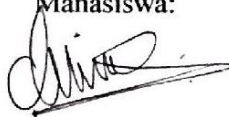
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh
Mahasiswa:



Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

3.0 JAN 2019



Nur Ahmad Husin, S.T., M.T. NIP. 19720115 199802 1 001
Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T. NIP. 19780201 200604 2 002

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**“PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK)
UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) DENGAN
MENGUNAKAN METODE *BASE ISOLATION HIGH
DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)*”**

Mahasiswa : Dea Fauziah Larasati
NRP : 10111510000059
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing I : Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.
NIP : 19720115 199802 1 001
Dosen Pembimbing II : Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

ABSTRAK

Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM), Jawa Timur merupakan gedung beton bertulang 8 lantai yang dirancang menggunakan metode *Base Isolator* sebagai salah satu metode peredam gempa. Penggunaan metode *Base Isolator* sebagai peredam gempa sangat cocok digunakan pada daerah gempa tinggi dan dapat mereduksi beban gempa yang terjadi. Gedung ini didesain menggunakan *Base Isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* karena di Indonesia sudah ada yang menggunakannya. Jenis sistem isolasi ini memiliki penurunan transisi kekakuan yang lebih halus dan telah dimodifikasi agar dapat memberi kemampuan redaman yang lebih tinggi dan mampu untuk menyerap energi gempa bumi yang lebih daripada jenis lainnya.

Perencanaan dimulai dengan pengumpulan data eksisting dan membuat dua permodelan sesuai dengan dimensi eksisting. Permodelan yang pertama yaitu struktur *Fixed Based* yang dianalisa dengan pembebanan gempa respon spektrum. Permodelan yang kedua yaitu struktur dengan *Base Isolator* yang dianalisa dengan pembebanan gempa respon spektrum komposit.

Kedua permodelan struktur *Fixed Based* maupun dengan *Base Isolator* akan menghasilkan perbandingan ekisting output gaya dalam yang terjadi. Perhitungan *preliminary* pada struktur dengan *Base Isolator* dilakukan dengan cara *trial error* hingga mendapatkan hasil output gaya dan dimensi yang baru. Permodelan dimensi baru struktur dengan *Base Isolator* dianalisa dengan pembebanan gempa respon spektrum komposit. Hasil perhitungan yang sudah memenuhi kontrol struktur dan kontrol penulangan selanjutnya akan dijelaskan pada penggambaran teknik.

Tugas akhir ini mendapatkan hasil bahwa dengan adanya *Base Isolator* dapat mereduksi gaya geser dasar gempa (V) arah X mencapai 76.71% dan arah Y mencapai 71.93%. Rata – rata reduksi momen (kgf.m) yang terjadi yaitu sebesar 40,6% dan rata – rata reduksi geser (kgf) yang terjadi yaitu sebesar 30,5%. Sedangkan dimensi dan penulangan struktur pada bangunan gedung ini menjadi lebih berkurang hingga dapat mereduksi volume beton mencapai 33.115% pada struktur bawah dan 9.050% pada struktur atas. Maka bangunan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM), Jawa Timur menjadi lebih efisien dan tahan terhadap gempa.

Kata kunci: *Base Isolator*, *HDRB*, Permodelan Struktur, Trial Error, Perencanaan Struktur, Beton Bertulang.

**“DESIGN OF STRUCTURAL BUILDING OF ILMU
KEOLAHRAGAAN FACULTY OF UNIVERSITAS
NEGERI MALANG (UM) USING BASE ISOLATION
HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)”**

Name : Dea Fauziah Larasati
NRP : 10111510000059
Departement : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor I : Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.
NIP : 19720115 199802 1 001
Supervisor II : Dr. Eng, Yuyun Tajunnisa, S.T., M.T.
NIP : 19780201 200604 2 002

ABSTARCT

Ilmu Keolahraagan Faculty (FIK) Building, Universitas Negeri Malang (UM), East Java is an 8-story reinforced concrete building designed using the Base Isolator technology as one of the earthquake dampening methods. The use of the Base Isolator as an earthquake damper is very suitable for use in high earthquake areas and can reduce the earthquake load that occurs. This building is designed use Isolator type High Damping Rubber Bearing (HDRB) because there are already use it in Indonesia and this type of isolation has a finer stiffness transition reductions and has been modified to provide higher damping ability and be able to absorb earthquake energy more than any other type.

Planning starts with collecting existing data and making two models according to existing dimensions. The first model is Fixed Based structure which is analyzed by earthquake response spectrum. The second modeling is the structure with Base Isolator which is analyzed by loading the composite spectrum response earthquake. Both Fixed Based structure modeling and Base Isolator will produce an existing comparison of internal force output that occurs. The preliminary calculation on the structure

with the Base Isolator is done by trial error to get the output of the new style and dimensions. Modeling new dimensions of structures with Base Isolators were analyzed by loading composite spectrum response earthquakes. The calculation results that have fulfilled the structural control and reinforcement control will then be explained in the drawing technique.

This final project gets the results that the Base Isolator can reduce the basic shear force of the earthquake (V) the direction of X reaches 76.71% and the direction Y reaches 71.93%. The average reduction time (kgf.m) that occurs is equal to 40.6% and the average shear reduction (kgf) that occurs is equal to 30.5%. While the dimensions and reinforcement of the structure in this building become more reduced so that it can reduce the volume of concrete reaching 33.115% in the lower structure and 9.050% in the upper structure. Then the building of the Faculty of Sports Sciences (FIK) of the State University of Malang (UM), East Java, became more efficient and resistant to earthquakes.

Keywords: *Base Isolator, HDRB, Structural Modeling, Trial Error, Structural Planning, Reinforced Concrete.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salat yang selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW sehingga kami dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terimakasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas segala karunia dan kesempatan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik doa dan materil, dan menjadi motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Nur Ahmad Husin, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ahmad Royan Mardika, Dimas Rizky Tanaya, Avilia Asfida, dan seluruh teman-teman Teknik Infrastuktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Seluruh dosen pengajar Teknik Infrastuktur Sipil FV ITS, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan. Seluruh staff dan karyawan Teknik Infrastuktur Sipil ITS. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis akhirnya menyadari bahwa dalam prosues penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan

demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semu pihak.

Akhir kata, penulis sebagai penyusun mohon maaf jika ada kesalahan dalam penulisan dan pengolahan data pada Tugas Akhir ini. Atas perhatian pembaca, penulis sampaikan terimakasih.

Surabaya, November 2018
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTARCT.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Konsep <i>Seismic Base Isolation</i>	6
2.3 Jenis – jenis <i>Base Isolator Rubber Bearing</i>	7
2.3.1 Lead Rubber Bearing (LRB)	8
2.3.2 <i>High Damping Rubber Bearing (HDRB)</i>	9
2.4 Mekanikal Karakteristik <i>Base Isolation HDRB</i>	10
2.5 Teori <i>Base Isolation</i> Berdasarkan SNI 03-1726-2012 12	
2.5.1 Perpindahan Rencana	12
2.5.2 Periode Efektif pada saat Perpindahan Rencana ...	13
2.5.3 Sistem Isolasi dan Elemen Struktural dibawah Sistem Isolasi	14
2.5.4 Elemen Struktur diatas Sistem Isolasi	14
2.5.5 Batas Vs.....	15

2.5.6	Pemeriksaan dan penggantian pada SNI 12.2.4.8..	16
2.6	Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	16
2.7	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)..	18
BAB III.....		31
METODOLOGI		31
3.1	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	31
3.2	Pengumpulan Data dan Literatur	33
3.3	Permodelan Struktur 3D <i>Fixed Based</i>	34
3.4	Permodelan Base Isolator	35
3.5	Analisis Pembebanan	42
3.6	Output Gaya	46
3.7	Analisa perbandingan eksisting antara <i>Fixed Based</i> dengan <i>Base Isolator</i>	46
3.8	<i>Preliminary</i> desain dengan metode <i>Trial Error</i>	47
3.9	Kontrol Struktur	47
3.10	Kontrol Penulangan	48
3.11	Perencanaan Pondasi.....	52
3.12	Penggambaran Hasil Perencanaan	55
3.13	Metode Pelaksanaan Pemasangan HDRB.....	56
BAB IV		57
ANALISA PEMBEBANAN		57
4.1	Beban Mati.....	57
4.2	Beban Hidup	60
4.3	Beban Air Hujan (R).....	60
4.4	Beban Angin	60
4.5	Beban Gempa.....	63
4.6	Kombinasi Pembebanan.....	68
BAB V.....		69
ANALISA STRUKTUR DENGAN <i>FIXED BASED</i>		69
5.1.	Kontrol Gaya Geser Dasar	69
5.2.	Kontrol Rasio Partisipasi Massa	71
5.3.	Kontrol Periode Fundamental	71

5.4.	Kontrol Simpangan Antar Lantai	73
BAB VI		77
ANALISA STRUKTUR DENGAN <i>BASE ISOLATOR</i>		77
6.1	Persyaratan Perencanaan Umum.....	77
6.2	Perhitungan Dimensi High Damping Rubber Bearing (HDRB).....	78
6.3	Kontrol Analisa Base Isolator	86
BAB VII		93
ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR <i>FIXED BASED</i> DENGAN <i>BASE ISOLATOR</i>		93
BAB VIII.....		97
PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....		97
7.1	Perencanaan Pelat Lantai	97
7.1.1	Pembebanan Pelat Lantai.....	97
7.1.2	Perhitungan Pelat Lantai 1 Tipe A.....	100
7.2.1	Perhitungan Pelat Lantai 1 Tipe G.....	108
7.2.1	Panjang Penyaluran	112
7.2.2	Rekapitulasi Penulangan Pelat.....	113
7.2	Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes	116
7.2.1	Pembebanan Pelat Tangga dan Bordes.....	117
7.2.2	Perhitungan Penulangan Pelat Tangga	122
7.2.3	Perhitungan Penulangan Pelat Bordes	126
7.2.4	Panjang Penyaluran	130
7.3	Perencanaan Struktur Dinding Basement	130
7.3.1	Rekapitulasi Penulangan Dinding Penahan Tanah	138
7.4	Perhitungan Struktur Balok Penggantung Lift.....	138

7.4.1	Perhitungan Tulangan Balok Lift	139
7.5	Perencanaan Balok Anak	149
7.5.1	Perhitungan Tulangan Balok Anak.....	149
7.4.3	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	158
BAB IX	.....	159
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PRIMER	.....	159
8.1	Perencanaan Balok Induk	159
8.2.1	Perhitungan Balok Tipe B1 Ukuran 35x70	159
8.2.2	Rekapitulasi Tulangan Balok Induk	187
8.2	Perencanaan Kolom	188
8.2.3	Perhitungan Kolom Tipe K1 Ukuran 65x65.....	188
8.3	Desain Hubungan Balok Kolom	200
BAB X	.....	203
PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH	.....	203
10.1	Perencanaan Pondasi.....	203
9.1.1	Data Tanah.....	203
9.1.3	Daya Dukung Tanah	205
9.1.5	Perhitungan Pondasi Tipe 2.....	228
BAB XI	.....	247
METODE PELAKSANAAN	.....	247
10.1	Pemasangan <i>Base Plate</i>	247
10.1.1	Pembesian Kolom Pedestal	248
10.1.2	Cor Pedestal Bawah Tahap 1	248
10.1.3	Pemasangan Adjuster	249
10.1.4	Pemasangan <i>Base Plate</i>	250
10.1.5	Levelling Base Plate.....	250
10.1.7	Perkuatan dengan Las.....	251

10.2	Pemasangan Seismic Base	253
10.2.1	Install Rubber Bearing	253
10.2.2	Pasang Baut <i>Rubber Base</i> bagian Bawah.....	254
10.2.3	Kencangkan dengan Kunci Momen	254
10.2.4	Install Top Plate	255
10.2.5	Pasang Baut <i>Rubber Base</i> bagian Atas.....	255
10.2.6	Kencangkan dengan Kunci Momen	255
10.3	Pemasangan Kolom Pedestal bagian Atas	256
10.3.1	Pembesian Kolom Atas	256
10.3.2	Pemasangan Bekisting Kolom Atas	256
10.3.3	Pengecoran Kolom Atas.....	257
10.3.4	Tangga Basement	257
BAB XII		259
KESIMPULAN		259
11.1	Kesimpulan	259
DAFTAR PUSTAKA.....		265
BIODATA PENULIS.....		267
LAMPIRAN		269

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Perilaku gedung menggunakan base isolator (Efiloglu, 2013).....	7
Gambar 2. Lead Rubber Bearing (LRB)	8
Gambar 3. High Dumping Rubber Bearing (Bridgestone, 2017a).....	9
Gambar 4. HDRB pada Proyek Bangunan Hotel Ibis Padang (Suardi, 2013).....	10
Gambar 5. High Dumping Rubber Bearing (Bridgestone, 2017a).....	11
Gambar 6 Sistem Rangka Pemikul Momen (Imran, Iswandi, 2010).....	17
Gambar 7 Geser Desain untuk Balok (SNI 2847, 2013)	20
Gambar 8 Geser Desain untuk Kolom (SNI 2847, 2013)	21
Gambar 9 Tulangan transversal pada kolom (SNI 2847,2013) ...	22
Gambar 10 SS, Gempa maksimum resiko tersesuaikan (MCE_R), kelas situs S_D (SNI 1726, 2012).....	27
Gambar 11 S1, Gempa maksimum resiko tersesuaikan (MCE_R), kelas situs S_D (SNI 1726, 2012)	27
Gambar 12 Spektrum Respon Desain (SNI 1726, 2012)	28
Gambar 13 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	32
Gambar 14 Permodelan Struktur eksisting Fixed Based.....	34
Gambar 15 Perletakan jepit pada permodelan Fixed Based dengan dimensi eksisting	35
Gambar 16 Model HDRB pada brosur bridgestone (Bridgestone, n.d.2017).....	36
Gambar 17 Permodelan Base Isolator	37
Gambar 18 Input spesifikasi HDRB.....	38
Gambar 19 Input Directional Properties U1 HDRB.....	39
Gambar 20 Input Directional Properties U2 dan U3 HDRB	40

Gambar 21 joint link dengan base isolator	41
Gambar 22 Permodelan dimensi eksisting dengan Base Isolator	41
Gambar 23 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok (RIDHOTULLAH, 2018).....	48
Gambar 24 Penulangan Lentur Pelat (RIDHOTULLAH, 2018).	50
Gambar 25 Kontrol Geser Pons pada poer akibat beban Kolom.	54
Gambar 26 Kontrol Geser Pons pada poer akibat Tiang Pancang	55
Gambar 27 Kolom pedestal, base isolator, dan kolom atas.....	56
Gambar 28 Denah Potongan Hoistway Elevator (IRIS, 2012)....	58
Gambar 29 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift.....	59
Gambar 30 Pengaruh angin pada dinding (SNI 1727, 2013)	62
Gambar 31 Nilai SS, percepatan batuan dasar pada periode 0.2 detik (SNI 1726, 2012).....	64
Gambar 32 percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (SNI 1726, 2012).....	64
Gambar 33 Grafik respon spektrum desain	67
Gambar 34 Aksial Kolom terbesar saat fixed based	78
Gambar 35 Detail HDRB tipe HH070X6R	80
Gambar 36 Respons Spektrum Komposit dengan redaman 24%	85
Gambar 37 Denah Pembalokan Eksisting	93
Gambar 38 Portal Melintang As-3 (a) struktur Fixed Based, (b) struktur dengan Base Isolator	94
Gambar 39 Denah Pelat Lt. 1- 8.....	97
Gambar 40 Tinggi Efektif Pelat	101
Gambar 41 Sketsa Potongan Perencanaan Tangga Area 1	117
Gambar 42 Sketsa pembebanan pada tangga area 1	119
Gambar 43 Reaksi momen yang terjadi	120
Gambar 44 Bidang Momen yang terjadi	122
Gambar 45 Tekanan tanah aktif	131

Gambar 46 Permodelan dan Hasil Momen pada Dinding Penahan Tanah.....	132
Gambar 47 Den ah dan potongan Hoistway Elevator	139
Gambar 48 Diagram Tegangan	143
Gambar 49 Parameter-parameter geometri torsi	146
Gambar 50 Denah Pembalokan	149
Gambar 51 diagram mimen, geser, dan torsi Balok Anak	150
Gambar 52 Diagram Tegangan	154
Gambar 53 Parameter-parameter geometri torsi	156
Gambar 54 Denah Pembalokan	159
Gambar 55 Diagram momen tumpuan kanan, tumpuan kiri, dan lapangan pada balok induk	160
Gambar 56 Diagram torsi, geser, dan aksial pada balok induk	161
Gambar 57 Parameter Geometri Torsi	169
Gambar 58 Sketsa Lokasi Penampang Momen yang Ditinjau..	184
Gambar 59 Diagram Tegangan	186
Gambar 60 Denah Posisi Kolom K-1 (65/65)	190
Gambar 61 Diagram Interaksi P-M PCAColumn	192
Gambar 62 Penentuan Mnc dengan diagram P-M PCAColumn	193
Gambar 63 Gaya Geser Kolom	196
Gambar 64 Gaya Tekan Kolom.....	198
Gambar 65 Luas Joint efektif	200
Gambar 66 Denah Rencana Pondasi dan Sloof.....	203
Gambar 67 Spesifikasi Tiang Pancang dari PT. Wika Beton....	204
Gambar 68 Mekanisme Daya Dukung Tanah	205
Gambar 69 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	206
Gambar 70 Contoh panjang ekivalen penetrasi.....	207
Gambar 71 Contoh Panjang Penetrasi 16 m.....	208
Gambar 72 Tabel perhitungan daya dukung tiang per meter	211

Gambar 73 Pondasi Tipe 1	215
Gambar 74 Gaya yang terjadi pada Poer dan Pancang.....	216
Gambar 75 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom arah X	218
Gambar 76 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom Arah Y	219
Gambar 77 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom.....	221
Gambar 78 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang	221
Gambar 79 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	224
Gambar 80 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	225
Gambar 81 Pondasi Tipe 2	230
Gambar 82 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang	231
Gambar 83 Bidang Geser Kritis Satu Arah Akibat Kolom Arah X	233
Gambar 84 Bidang Geser Kritis Satu Arah Akibat Kolom Arah Y	233
Gambar 85 Bidang Geser Kritis Dua Arah Akibat Kolom.....	235
Gambar 86 Bidang Geser Kritis Dua Arah Akibat Tiang Pancang	236
Gambar 87 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	238
Gambar 88 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	240
Gambar 89 Interaksi aksial dan Momen Sloof	244
Gambar 90. Flowchart Pemasangan Base Plate	247
Gambar 91. Pembesian Kolom Pedestal	248
Gambar 92. Pemasangan Bekisting pada Kolom Pedestal (Suardi, 2013).....	249
Gambar 93. Proses Pengecoran Kolom Pedestal dan Pelepasan Bekisting (Suardi, 2013).....	249
Gambar 94. Pemasangan Adjuster (Suardi, 2013)	250
Gambar 95. Pemasangan Base Plate (Suardi, 2013)	250

Gambar 96. Pemasangan Bekisting untuk Pengecoran Tahap 2 (Suardi, 2013).....	251
Gambar 97. Pengecoran Kolom Pedestal Tahap 2 dan Pembongkaran Bekisting Setelah Pengecoran Selesai (Suardi, 2013).....	252
Gambar 98. Kolom Pedestal dan base plate yang Telah Selesai di Cor (Suardi, 2013).....	252
Gambar 99. Flowchart Pemasangan Seismic Base (Suardi, 2013)	253
Gambar 100. Perletakan Base Isolator	254
Gambar 101. Pemasangan Baut pada Top Plate.....	255
Gambar 102. Flowchart Pemasangan Kolom Atas.....	256
Gambar 103. Pemasangan Bekisting pada Kolom Pedestal Bagian Atas (Tanaya, 2018)	257

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Koefisien redaman B_D atau B_M	13
Tabel 2 Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (SNI 1726,2012).....	18
Tabel 3 Kategori Resiko Bangun (SNI 1726, 2012)	24
Tabel 4 Klasifikasi Situs (SNI 1726, 2012).....	24
Tabel 5 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726, 2012)	26
Tabel 6 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726, 2012)	26
Tabel 7 Katagori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (SNI 1726, 2012)	29
Tabel 8 Katagori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik (SNI 1726, 2012)	29
Tabel 9 Spesifikasi HDRB HH080X6R (Bridgestone, 2017b) ...	36
Tabel 10 Faktor kepentingan berdasarkan kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban salju, es, dan gempa (SNI 1727, 2013).....	44
Tabel 11 Spesifikasi Lift merk Iris (IRIS, 2012).....	58
Tabel 12 Perhitungan N SPT.....	63
Tabel 13 Perhitungan respon spektrum desain.....	67
Tabel 14 Base Reaction total sumbu Z pada Dead load dan Live load.....	69
Tabel 15 Base Reaction Gaya Geser Dinamik	70
Tabel 16 Modal Partisipasi Massa.....	71
Tabel 17 Nilai parameter pendekatan C_t dan x (SNI 1726, 2012)	72
Tabel 18 Koefisien untuk batas atas periode (SNI 1726, 2012) ..	72
Tabel 19 Periode struktur dan frekuensi.....	73
Tabel 20 Simpangan antar lantai ijin.....	74
Tabel 21 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa X	75
Tabel 22 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Y	75

Tabel 23 Spesifikasi HDRB tipe HH070X6R (Bridgestone, 2017)	80
Tabel 24 Koefisien Redaman BD atau BM	81
Tabel 25 Base Reaction total sumbu Z pada Dead load dan Live load	81
Tabel 26 Perhitungan Respon Spektrum Komposit	85
Tabel 27 Base Reaction Gaya Geser Dinamik Base Isolator	86
Tabel 28 Perbandingan V Fixed Based dengan Base Isolator	87
Tabel 29 Modal Partisipasi Massa Base Isolator	87
Tabel 30 Simpangan Antar Lantai Gempa X Base Isolator	89
Tabel 31 Simpangan Antar Lantai Gempa Y Base Isolator	89
Tabel 32 Perioda Struktur Base Isolator	90
Tabel 33 Hasil perbandingan gaya dalam lentur antara struktur Fixed Based maupun struktur dengan Base Isolator	94
Tabel 34 Hasil perbandingan gaya dalam geser antara struktur Fixed Based maupun struktur dengan Base Isolator	95
Tabel 35 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.1	113
Tabel 36 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.1	113
Tabel 37 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.2-6	114
Tabel 38 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.2-6	114
Tabel 39 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.7-8	114
Tabel 40 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.7-8	115
Tabel 41 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.Atap	115
Tabel 42 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.Atap	115
Tabel 43 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.Basement	116
Tabel 44 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.Basement	116
Tabel 45 Momen Cross Tangga	120
Tabel 46 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes	130
Tabel 47 Data Karakteristik Tanah kedalaman -2.389 m	131

Tabel 48 Rekapitulasi Penulangan Dinding Penahan Tanah...	138
Tabel 49 Rekapitulasi Penulangan Balok Lift.....	148
Tabel 50 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	158
Tabel 51 Momen Envelope Pada Balok Akibat Beban Gravitasi dan Beban Gempa	162
Tabel 52 Kapasitas Momen Nominal Balok B1	178
Tabel 53 Konfigurasi Penulangan dan Kapasitas Momen Nominal	180
Tabel 54 Gaya Geser di Muka Kolom Tumpuan	181
Tabel 55 Rangkuman Perhitungan Pemeriksaan Ulang Kapasitas Momen Penampang di Zona Sendi Plastis	183
Tabel 56 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk	187
Tabel 57 Rekapitulasi Penulangan Kolom	200
Tabel 58 Intensitas gaya geser dinding tiang	207
Tabel 59 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	216
Tabel 60 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	232
Tabel 61 Rekapitulasi Penulangan Sloof.....	246
Tabel 62 Rekapitulasi Penulangan Balok struktur Base isolator	260
Tabel 63 Rekapitulasi Penulangan Kolom struktur Base isolator	261
Tabel 64 Rekapitulasi Penulangan Balok struktur Fixed based	261
Tabel 65 Rekapitulasi Penulangan Kolom struktur Fixed based	262

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan wilayah yang memiliki resiko gempa yang cukup tinggi karena terletak pada tiga lempeng tektonik yang aktif yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia. Lempeng Indo-Australia bertabrakan dengan lempeng Eurasia di lepas pantai Sumatra, Jawa dan Nusatenggara, sedangkan lempeng Pasifik di utara Irian dan Maluku utara. Di sekitar lokasi pertemuan lempeng ini akumulasi energi tabrakan terkumpul sampai suatu titik dimana lapisan bumi tidak lagi sanggup menahan tumpukan energi sehingga lepas berupa gempa bumi.

Baru-baru ini menurut Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) mencatat pada hari Rabu tanggal 8 Agustus 2018 pukul 13.09 WIB terjadi gempa berkekuatan 5,2 Skala Richter mengguncang Malang, Jawa Timur. Sedangkan pesatnya sektor pendidikan di Malang, mendorong kampus untuk mengembangkan kualitas dan kuantitas agar dapat menarik hati masyarakat. Semakin banyak pembangunan kampus-kampus maka diperlukan teknologi konstruksi yang semakin berkembang. Teknologi konstruksi yang dikembangkan adalah bangunan yang tahan gempa. Hal ini bertujuan agar gedung perkuliahan yang dibangun di Malang memiliki daya tahan yang kuat terhadap gempa. Dengan begitu diharapkan sektor pendidikan di Malang semakin meningkat.

Pada umumnya kerusakan bangunan akibat gempa secara konvensional dicegah dengan memperkuat struktur bangunan terhadap gaya gempa yang bekerja padanya. Hasil tersebut seringkali kurang memuaskan, karena kerusakan elemen baik structural maupun non-structural umumnya disebabkan adanya perbedaan simpangan antar tingkat (interstory drift). Untuk memperkecil interstory drift dapat digunakan dengan memperkaku bangunan dalam arah lateral. Metode yang lebih baik adalah

dengan meredam energi gaya gempa sampai pada tingkat yang tidak membahayakan bangunan (Teruna, 2005). Suatu elemen yang dapat mereduksi atau memperkecil gaya gempa salah satunya adalah dengan menambahkan base isolator.

Ada banyak jenis base isolator yang digunakan pada metode base isolation, yang sering digunakan salah satunya adalah *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* yang merupakan bahan peredam yang dikembangkan dari karet alam yang memiliki kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan extrafine carbon block, oil atau resin, serta bahan isian lain sehingga meningkatkan damping antara 10% sampai 20% pada shear strain 100%. Menurut (Teruna, 2005) untuk dapat menahan beban vertikal yang cukup besar, maka karet diberi lempengan baja yang dilekatkan pada sistem vulkanisir. HDRB umumnya dibedakan atas tiga jenis berdasarkan modulus geser : soft (modulus geser $G = 0,4$ MPa), normal (modulus geser $G = 0,8$ MPa), dan hard (modulus geser $G = 1,4$ MPa).

Berdasarkan hasil *Standart Penetration Test (SPT)* diketahui bahwa gedung perkuliahan Malang seusai SNI 1726:2012 termasuk dalam katagori desain seismik (KDS) D. Pada studi ini berdasarkan pada tabel 9 SNI 1726:2012 maka direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Gedung ini terdiri dari 8 lantai dan telah dibangun dengan menggunakan beton *cast in-situ*. Pada Tugas Akhir Terapan (TAT) ini penulis akan melakukan perencanaan ulang gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) 8 lantai dengan menggunakan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing (HDRB)*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa rumusan masalah yang muncul. Adapun rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Berapa reduksi gaya geser dasar gempa (V) yang terjadi pada *fixed based* SRPMK dengan penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)?
2. Berapa reduksi gaya dalam yang terjadi pada *fixed based* SRPMK dengan penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)?
3. Bagaimana kebutuhan penulangan terhadap penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM)?
4. Bagaimana volume beton struktur bawah dan atas terhadap pengaruh penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM)?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui reduksi gaya geser dasar gempa yang terjadi pada *fixed based* SRPMK dengan penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)
2. Mengetahui reduksi gaya dalam yang terjadi pada *fixed based* SRPMK dengan penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB)
3. Mengetahui kebutuhan penulangan terhadap penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM)
4. Mengetahui volume beton struktur bawah dan atas terhadap pengaruh penggunaan *base isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) pada gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM)

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan ini tidak membahas manajemen konstruksi, analisa biaya maupun segi arsitektural lainnya.
2. Perhitungan beban gempa yang bekerja menggunakan perhitungan respon spectrum.
3. Perencanaan ini menghasilkan kesimpulan perbandingan hasil kebutuhan penulangan dan volume struktur beton antara *fixed based* dengan *base isolator*.
4. Metode pelaksanaan yang dibahas adalah metode pelaksanaan pemasangan *base isolator*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menambah wawasan dan ilmu khususnya kepada penulis mengenai bagaimana perencanaan bangunan menggunakan metode *base isolator* yang memenuhi persyaratan kemanan dan kestabilan struktur.
2. Sebagai bahan pembelajaran dalam mengembangkan ilmu khususnya mengenai metode *base isolator* sebagai perencanaan struktur tahan gempa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Secara goeografis, wilayah Negara Indonesia merupakan arus dari tiga lempeng tektonik, yakni lempeng Eurasia, lempeng Pasifik serta lempeng Indo Australia. Hal tersebut menyebabkan Negara Indonesia sering mengalami terjadinya peristiwa gempa bumi. Peristiwa gempa bumi pada umumnya mengakibatkan rusaknya gedung, jembatan maupun yang lain. Kerusakan yang terjadi pada bangunan struktur pasti akan menimbulkan efek fungsi pada bangunan struktur dalam menerima beban gaya gempa.

Getaran gempa dapat disebabkan oleh banyak hal antara lain, peristiwa vulkanik, yaitu gempa yang disebabkan oleh kegiatan gunung api. Magma yang berada pada kantong dibawah gunung tersebut mendapatka tekanan dan melepaskan energinya secara tiba-tiba sehingga menimbuulkan getaran tanah. Kemudian terdapat gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas tektonik, yakni gempa yang diakibatkan pergeseran antara dua lempeng tektonik atau lebih. Lempeng tektonik bumi ini terus bergerak, ada yang saling mendekat saling menjauh, atau saling menggeser secara horizontal (Mustofa, 2012).

Oleh karena itu, diperlukan suatu metode dalam pembangunan struktur bangunan gedung untuk memperkuat struktur agar meminimalisir terjadinya kerusakan atau keruntuhan pada elemen struktur yang dapat mengakibatkan jatuhnya korban jiwa. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi bangunan gedung untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan pada konstruksi, salah satunya dapat menggunakan sistem penambah kekuatan lateral bangunan dengan menggunakan dinding penahan geser (*shearwall*) namun, penerapan sistem

ini dapat memperbesar gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Metode yang lebih baik untuk meminimalisir kerusakan struktur adalah dengan memperkecil gaya gempa yang bekerja sampai pada tingkat yang tidak membahayakan bangunan dengan menambahkan bahan anti seismik (*seismic device*) pada bagian tertentu bangunan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

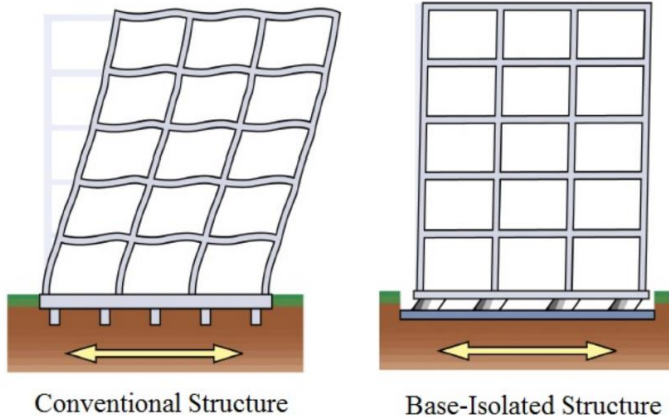
Seismic Devices adalah alat yang dipasang pada bangunan untuk membatasi energy atau mendispensi energy gempa yang masuk kedalam struktur bangunan. *Seismic device* bekerja dengan merubah kekakuan, damping dan menambah massa ke struktur. Salah satunya *seismic devices* adalah sistem isolasi yaitu *base isolator*.

2.2 Konsep Seismic Base Isolation

Base Isolator merupakan sebuah sistem yang menggunakan bantalan karet berkekuatan tinggi yang dipasang diantara pondasi dan bangunan. Sistem ini bekerja dengan menjaga struktur di atasnya sebagai satu kesatuan. Pada saat terjadi gempa, masing-masing struktur bangunan akan bergetar akibat dari pergerakan tanah yang mempengaruhi pondasi bangunan. Karena pergerakan tanah yang terjadi bersifat acak maka getaran yang memasuki struktur juga tidak selaras, hal ini menyebabkan bangunan yang bersifat kaku mudah runtuh. Pada bangunan yang menggunakan base isolator, getaran yang terjadi pada pondasi akan melewati bantalan karet terlebih dahulu sebelum memasuki sistem struktur. Karena karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur (Pratiwi dan Teruna 2013).

Karet bersifat elastis maka arah getaran yang terjadi secara acak hanya akan mempengaruhi base isolator, sedangkan struktur di atasnya akan bergetar atau bergerak sebagai satu kesatuan struktur. Perbandingan antara bangunan

konvensional dengan bangunan yang menggunakan base isolator dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



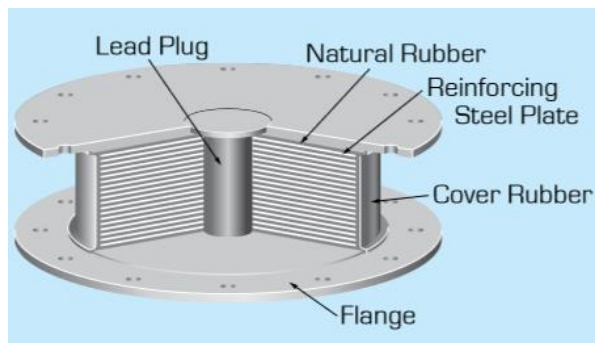
Gambar 1. Perilaku gedung menggunakan *base isolator* (Efiloglu, 2013)

Untuk jenis sistem isolasi yang akan digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* karena jenis sistem isolasi ini tidak membutuhkan *damping device* tambahan serta memiliki penurunan transisi kekakuan yang lebih halus. Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam dapat menyebabkan efek vibrasi yang lebih besar.

2.3 Jenis – jenis *Base Isolator Rubber Bearing*

Terdapat berbagai macam isolator yang dapat ditemukan, bentuknya seperti bantalan karet yang besar dengan berbagai macam bahan yang harus disesuaikan dengan bangunan yang akan didirikan. Berikut ini merupakan beberapa jenis dari *base isolator rubber bearing* :

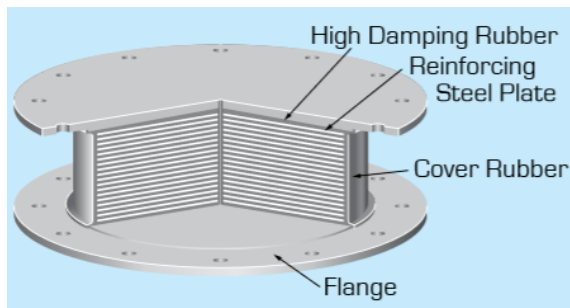
2.3.1 Lead Rubber Bearing (LRB)



Gambar 2. *Lead Rubber Bearing (LRB)*
(Bridgestone, 2017a)

Bantalan ini merupakan karet yang menggabungkan kemampuan pegas dan timbal untuk kemampuan redaman. LRB terdiri dari beberapa lapisan karet alam atau sintetis yang mempunyai redaman kritis antara 2% - 5%. Pengaruh dari gaya gempa terhadap pondasi dari sebuah bangunan akan tereduksi sebelum mencapai struktur atas. Untuk mempertahankan defleksi lateral LRB, disisipkan beberapa piringan pelat baja diantara lapisan karet dengan metoda vulkanisasi dengan batangan bulat dari timah berbentuk lingkaran pada bagian tengah untuk meningkatkan kemampuan dampungnya. Pada redaman jenis ini terdapat timah hitam (*lead*) yang dipasang pada sumbu bantalan karet, pada bagian atas dan bawah diberi lempengan plat baja. Timah hitam digunakan untuk menyerap energi dari gempa dan untuk menahan beban angin.

2.3.2 High Damping Rubber Bearing (HDRB)



Gambar 3. *High Damping Rubber Bearing* (Bridgestone, 2017a)

HDRB termasuk dalam *base isolator* dengan karakteristik redaman. Pada umumnya, peredam terpisah tidak diperlukan sehingga HDRB menjadi pilihan yang sangat baik untuk area dengan keterbatasan ruang. Dapat digunakan untuk beban kolom ringan hingga gedung bertingkat. Pada dasarnya jenis alat isolasi dasar ini sama dengan *LRB* hanya saja bahan dari karet telah dimodifikasi agar dapat memberi kemampuan redaman yang lebih tinggi dan mampu untuk menyerap energi gempa bumi.

Di Indonesia juga sudah ada yang menggunakan HDRB ini. Proyek Hotel Ibis terletak di jalan Taman Siswa No. 1A Padang – Sumatera Barat, dengan luas bangunan 8.755 m² dan memiliki ketinggian 12 lantai. Bangunan Hotel Ibis berada di pusat kota Padang dan terletak pada zona 6 peta gempa Indonesia. Konsep perencanaan desain struktur gedung Hotel Ibis Padang, merupakan sistem bangunan penahan gempa dimana struktur bawah bangunan didukung sebanyak 21 unit Rubber Bearing Isolator untuk menahan redaman akibat gaya gempa.

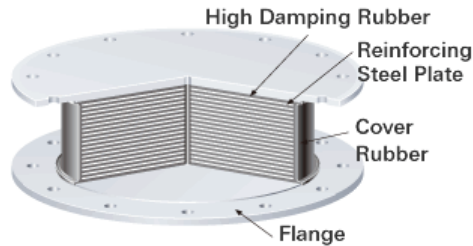


Gambar 4. HDRB pada Proyek Bangunan Hotel Ibis Padang (Suardi, 2013)

Untuk jenis sistem *isolation* yang akan digunakan adalah *High Damping Rubber Bearing (HDRB)* karena di Indonesia sudah ada yang menggunakan serta jenis sistem *isolation* ini memiliki penurunan transisi kekakuan yang lebih halus dan telah dimodifikasi agar dapat memberi kemampuan redaman yang lebih tinggi dan mampu untuk menyerap energi gempa bumi daripada jenis *LRB*. Hal ini penting karena penurunan kekakuan secara tajam dapat menyebabkan efek vibrasi yang lebih besar.

2.4 Mekanikal Karakteristik *Base Isolation HDRB*

High damping rubber bearing merupakan bahan anti seismik yang dikembangkan dari karet alam yang mempunyai kekakuan horizontal yang relatif kecil dan dicampur dengan extra fine carbon block, oil atau resin, serta bahan isian lainnya sehingga meningkatkan damping antara 10% - 20% pada shear strain 100% dengan modulus geser soft ($G = 0,4 \text{ MPa}$) dan hard ($G = 1,4 \text{ MPa}$). Untuk dapat menahan beban vertikal yang cukup besar, maka karet diberi lempengan baja. (Dwita 2012).



Gambar 5. *High Damping Rubber Bearing*
(Bridgestone, 2017a)

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus dipilih dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang ditopangnya tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi serta mendapatkan dimensi struktur optimum (ekonomis) pada bangunan yang direncanakan.

Pada *High Damping Rubber Bearing* (HDRB) untuk *durability* atau *life time* adalah lebih dari 60 tahun (Bridgestone, 2017).

Bantalan pada sistem isolasi seismik harus didesain dengan cermat untuk memastikan agar bangunan yang ditopangnya tetap berdiri ketika dan setelah gempa terjadi serta mendapatkan dimensi struktur optimum (ekonomis) pada bangunan yang direncanakan. Adapun tahap-tahap dalam mendesain high damping rubber bearing (Naeim & Kelly, 1999) adalah:

- a. Menentukan berat struktur untuk masing-masing kolom (w) dan berat struktur total (W_t) dan reaksi reaksi yang terjadi pada struktur melalui program analisa struktur.
- b. Menentukan ketebalan rubber
- c. Menentukan kekakuan horizontal (K_H) aktual elastometer

$$K_H^1 = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{\text{Panjang bentang}}$$

- d. Menentukan luasan rubber dengan rumus lain kekakuan horizontal

$$K_H^1 = \frac{G_t \times A}{t_r} \rightarrow A = \frac{K_H^1 \times t_r}{G_t}$$

Dimana :

G = modulus geser karet (MPa)

A = luas penampang elastometer (mm²)

Tr = total tebal karet (mm)

- e. Menentukan diameter rubber

Dari luasan yang diketahui dari perhitungan sebelumnya dapat diketahui diameternya.

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \rightarrow d^2 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

- f. Menentukan data-data yang berkaitan dengan properti dimensi yang dapat dilihat dari brosur yang akan digunakan.

2.5 Teori Base Isolation Berdasarkan SNI 03-1726-2012

2.5.1 Perpindahan Rencana

Sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan perpindahan gempa lateral minimum, DD, yang bekerja pada setiap arah sumbu horisontal utama struktur sesuai dengan pasal 12.5.3.1 yaitu persamaan berikut :

$$D_D = \frac{g S_{DT} T_D}{4\pi^2 B_D} \quad (2.1)$$

Dimana :

G = Percepatan gravitasi. Satuan g adalah mm/det² jika satuan untuk perpindahan rencana, DD, dalam mm

SD1 = Parameter percepatan spektral rencana dengan redaman 5 persen pada perioda 1 detik

- TD = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik dalam detik, pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau seperti yang ditentukan dalam persamaan (2.5)
- BD = Koefisien numerik terkait dengan redaman efektif sistem isolasi pada perpindahan rencana, BD, seperti yang diatur pada tabel 2.1

Tabel 1 Koefisien redaman B_D atau B_M

Redaman Efek, B_D atau B_M (presentase dari redaman kritis)^{a,b}	Faktor B_D atau B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

^a = Koefisien redaman harus berdasarkan redaman efektif sistem isolasi yang ditentukan menurut persyaratan

^b = Koefisien redaman harus berdasarkan interpolasi linear untuk ilia redaman efektif diantara nilai nilai yang telah diberikan di atas

2.5.2 Periode Efektif pada saat Perpindahan Rencana

Periode efektif struktur yang diisolasi pada perpindahan rencana, TD, Harus ditentukan dengan menggunakan karakteristik deformasi sistem isolasi dan sesuai dengan persamaan berikut (Pasal 12.5.3.2) :

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_{Dmin} \cdot g}} \quad (2.2)$$

dimana :

- W = Berat seismik struktur di atas pemisah isolasi
 K_{Dmin} = Kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm, pada perpindahan rencana di arah horizontal yang ditinjau
g = Percepatan gravitasi

2.5.3 Sistem Isolasi dan Elemen Struktural dibawah Sistem Isolasi

Sistem isolasi, pondasi, dan semua elemen-elemen struktural di bawah sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya gempa lateral min, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai dengan persamaan (Pasal 12.5.4.1) :

$$V_b = k_{Dmax} D_D \quad (2.3)$$

dimana :

- k_{Dmax} = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.
 D_D = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)
 V_b = Tidak boleh diambil kurang dari gaya maksimum pada sistem isolasi untuk perpindahan sembarang dan termasuk perpindahan rencana.

2.5.4 Elemen Struktur diatas Sistem Isolasi

Struktur di atas sistem isolasi harus direncanakan dan dibangun untuk menahan gaya geser minimum, V_s , menggunakan semua persyaratan yang sesuai untuk struktur tanpa isolasi dan sesuai persamaan berikut (Pasal 12.5.4.2) :

$$V_S = \frac{k_{Dmax} \times D_D}{R_1} \quad (2.4)$$

dimana :

k_{Dmax} = Kekakuan efektif maksimum, dalam kN/mm, dari sistem isolasi pada perpindahan rencana dalam arah horizontal yang ditinjau.

D_D = Perpindahan rencana, dalam mm, di titik pusat kekakuan sistem isolasi diarah yang ditinjau seperti yang ditentukan oleh persamaan (2.1)

R_1 = Koefisien numeric yang berhubungan dengan tipe sistem penahan gaya gempa diatas sistem isolasi

Faktor R_1 harus berdasarkan pada tipe sistem penahan gaya gempa yang digunakan untuk struktur diatas sistem isolasi dan harus bernilai 3,8 dari nilai R yang diberikan oleh tabel 9 (SNI-03.1726.2012), dengan nilai maksimum tidak lebih besar dari 2,0 dan nilai minimum tidak kurang dari 1,0

2.5.5 Batas V_s

Nilai V_s tidak boleh dari batasan berikut ini:

1. Gaya gempa untuk struktur yang terjepit di dasar dengan gempa efektif, W , yang sama, dan periodenya sama dengan periode struktur dengan isolasi seismik, T_D .
2. Gaya geser dasar untuk beban angin rencana terfaktor
3. Gaya gempa lateral yang dibutuhkan untuk mengaktifkan sistem isolasi secara penuh (misal: tingkat lelah dari suatu sistem yang melunak (*softening system*), kapasitas ultimit suatu sistem pengekang angin, atau tingkat friksi lepas dari suatu sistem gelincir (*the break-away friction level of a sliding sistem*)).

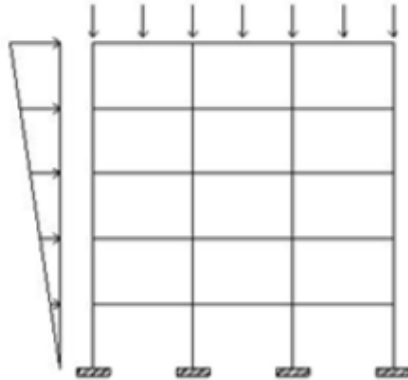
2.5.6 Pemeriksaan dan penggantian pada SNI 12.2.4.8

- a. Jalan atau akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen – komponen system isolasi harus disediakan;
- b. Seseorang perencana professional terdaftar harus menyelesaikan suatu rangkaian pemeriksaan atau pengamatan di daerah – daerah pemisah struktur dan komponen – komponen yang melintasi batas pemisahan isolasi sebelum mengeluarkan sertifikat layak huni untuk struktur dengan isolasi seismic. Pemeriksaan dan pengamatan tersebut harus mengindikasikan bahwa keadaan memungkinkan struktur berpindah bebas dan tanpa rintangan pada tingkat perpindahan rencana maksimum. Semua komponen yang melintasi di batas pemisahan isolasi seperti yang terpasang dapat memikul perpindahan yang ditetapkan;
- c. Struktur dengan isolasi seismic harus mempunyai suatu program pengawasan, pemeriksaan dan perawatan secara berkala terhadap system isolasi yang dilakukan oleh perencana professional terdaftar yang bertanggung jawab terhadap perencanaan system isolasi;
- d. Pemodelan kembali, perbaikan, atau retro fitting di batas pemisah system isolasi, termasuk komponen – komponen yang melintasi batas pemisahan isolasi, harus dilakukan di bawah pengarahannya seorang perencana professional terdaftar.

2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 03 1726 2002 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



Gambar 6 Sistem Rangka Pemikul Momen
(Imran, Iswandi, 2010)

Prosedur penentuan KDS ditentukan berdasarkan klasifikasi situs dan penentuan parameter percepatan gempa dalam SNI 1726-2012, situs diklasifikasikan menjadi SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), SF (tanah khusus). Klasifikasi situs dilakukan berdasarkan data tanah. Parameter percepatan gempa yang berupa S_s dan S_1 ditentukan dari peta resiko gempa Indonesia berdasarkan lokasi dan gempa rencana periode 2500 tahun.

Sehingga berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 6.5, gedung ini dibangun di Kota Malang yang direncanakan menggunakan kategori desain seismik D karena memiliki nilai $S_{ds} > 0,5$. Karena gedung ini termasuk kategori D, maka dipilih kriteria desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.7 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Adapun beberapa persyaratan khusus yang membedakan antara SRPMK dengan sistem struktur yang lainnya, yaitu sebagai berikut :

- Analisa Spektrum Ragam

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.2 besarnya gaya gempa pada struktur merupakan pembagian nilai spektrum respon dengan (R/I_e) . Dimana faktor modifikasi respon (R) berbeda tiap sistem struktur. Untuk sistem rangka pemikul momen khusus nilai dari $R=8$ berdasarkan Tabel 9 SNI 1726:2012.

Tabel 2 Faktor Untuk Sistem Penahan Gaya Gempa
(SNI 1726,2012)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^e	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^d
24 Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25 Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap lekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26 Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1 Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2 Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3 Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{TI}	TI ^b	TI ^b
4 Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^b	TI ^b	TI ^b
5 Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6 Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7 Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10 Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12 Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3½	3 ^e	3½	10	10	10	10	10

- Pendetailan elemen struktur pada sistem rangka pemikul momen khusus didasarkan atas pasal 21.5 – 21.8 SNI 2847:2013, berikut ketentuan detail tulangan sistem penahan gaya seismik SRPMK :

A. Balok

1) Pembatasan Dimensi Balok (Pasal 21.5.1.2 – 21.5.1.4)

- Bentang bersih untuk komponen struktur (l_n) $< 4 \times$ tinggi efektif (d)
- Lebar komponen (b_w) $> 0,3$ tinggi balok (h) dan $b_w > 250 \text{ mm}$

2) Tulangan Longitudinal (Pasal 21.5.2)

- Luasan tulangan atas maupun bawah tidak boleh kurang dari berikut:

$$A_{s,min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \times b_w \times d$$

$$\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$$

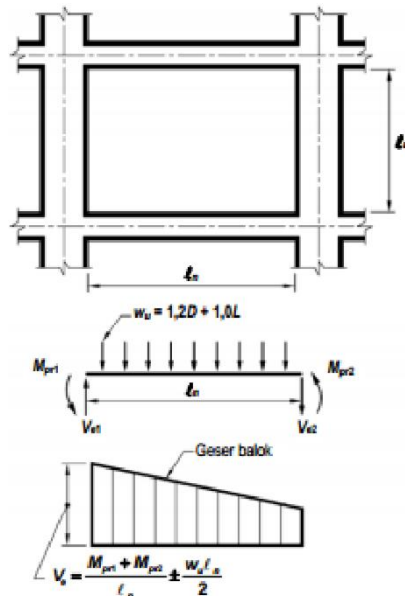
Dan tidak boleh lebih kecil dari $\frac{1,4 \times b_w \times d}{f_y}$

- Rasio tulangan (ρ) $< 0,025$
- Paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah

3) Tulangan Transversal (21.5.3)

- Sengkang harus dipasang sepanjang $2h$, pada muka balok ke tengah bentang di kedua ujung balok.
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan $\leq 50 \text{ mm}$ dari muka kolom
- Spasi sengkang tertutup (S) $\leq d/4$
 $\leq 6 \times$
- Diameter tulangan lentur terkecil (D) $\leq 150 \text{ mm}$

4) Kekuatan Geser (21.5.4)

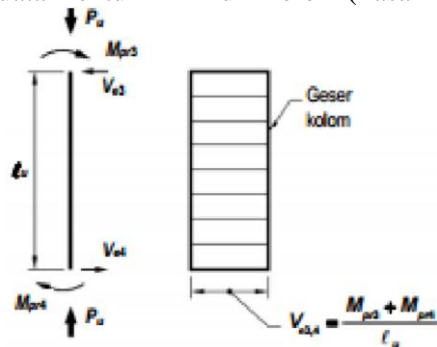


Gambar 7 Geser Desain untuk Balok (SNI 2847, 2013)

- Arah gaya geser V_e tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen momen ujung
- Momen ujung M_{pr} berdasarkan tegangan tarik baja sebesar $1,25 f_y$
- Tulangan transversal yang ditempatkan sepanjang $2h$, harus diproporsikan untuk menahan geser dengan asumsi $V_c = 0$, bilamana
 - a) $V_e \geq \frac{1}{2} V_{maks}$
 - b) $P_u < (A_g \times f_c') / 20$

B. Kolom

- 1) Pembatasan Dimensi (Pasal 21.6.1.1)
 - Dimensi terpendek $\geq 300\text{mm}$
 - Rasio dimensi penampang terpendek penampang terhadap dimensi tegak lurus $\geq 0,4$
- 2) Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur (P_u) tidak boleh melebihi $(A_g \times F_c')/10$ (Pasal 21.6.1)
- 3) Kekuatan lentur minimum kolom (Pasal 21.6.2)



Gambar 8 Geser Desain untuk Kolom (SNI 2847, 2013)

- $\sum Mnc \geq 1,2\sum Mnb$
 - $\sum Mnc$ = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint
 - $\sum Mnb$ = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint
- 4) Tulangan Memanjang (Pasal 21.6.3)
 - Luas tulangan memanjang (A_{st}) $\geq 0,01$ luas penampang (A_g) $\leq 0,06 A_g$
 - 5) Tulangan Transversal (Pasal 21.6.4)
 - Tulangan transversal dipasang sepanjang

$l_0 \geq$ tinggi komponen pada muka joint

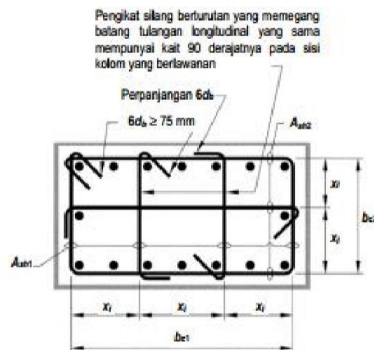
$l_0 \geq 16 l_n$ kolom

$l_0 \geq 450$ mm

- Spasi tulangan transversal sepanjang l_0 (S) \leq 1/4 dimensi komponen struktur $S \leq 6 \times$ Diameter kolom longitudinal
 $S \leq S_0$

Untuk $S_0 = 100 + (350 - hx)/3 \cdot d$

Nilai S_0 tidak boleh melebihi 150mm dan tidak kurang dari 100 mm. Untuk nilai hx seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.



Dimensi x_i dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus h_x yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 9 Tulangan transversal pada kolom (SNI 2847,2013)

- Luas penampang total tulangan sengkang persegi (A_{sh}) tidak boleh kurang dari persamaan di bawah ini

$$A_{sh} = 0,3 \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_{ch}}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_{yt}}$$

C. Joint Rangka Momen Khusus

- 1) Panjang penyaluran batang tulangan dalam kondisi tarik (Pasal 21.7.5)
 - Panjang penyaluran dengan kait 900 (ldh) > $8 \times db$
 $ldh > 150 \text{ mm}$

$$ldh > \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f'_c}}$$
 - Panjang penyaluran batang tulangan lurus
 $ld > 2,5 ldh$, (tinggi balok < 300 mm)
 $ld > 3,25 ldh$ (tinggi balok > 300 mm)

2.8 Analisa Pembebanan

Pembebanan pada struktur pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983. Bangunan memikul beberapa macam beban sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727-2013 Pasal 3.1). Selain itu, ada beberapa besaran beban mati sesuai yang tercantum pada pasal 2.2 dan tabel 2.1.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban maksimum yang akan dialami oleh suatu jenis ruangan. Pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 4-1.

3. Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan :

- a. Mengklasifikasi Kategori Resiko Struktur Bangunan

Pengklasifikasikan berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) dapat dilihat pada tabel 2 SNI 1726 – 2012

Tabel 3 Kategori Resiko Bangun (SNI 1726, 2012)

Kategori Resiko	Deskripsi	Faktor Keamanan (I)
IV	Fasilitas Penting (Rumah sakit, kantor polisi dan pemadam kebakaran, emergency shelters dll). Bangunan yang mengandung bahan yang sangat beracun	1,5
III	Bangunan yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (Gedung layan dengan > 300 orang, fasilitas day care dengan kapasitas > 150 orang,	1,25
II	Bangunan lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1,0
I	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1,0

b. Definisi Kelas Situs

Kelas situs ditetapkan sesuai SNI 1726-2012 tabel Klasifikasi Situs dibawah berikut ini.

Tabel 4 Klasifikasi Situs (SNI 1726, 2012)

Kelas situs	\bar{v}_z (m/detik)	\bar{N} atau $\bar{N}_{63.5}$	\bar{s}_v (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralir $\bar{s}_v < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_v < 50$ kPa		

Dengan data SPT test maka persamaan yang digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}} \quad (2.5)$$

Dimana :

di = Kedalaman lapisan tanah uji

N_i = Nilai SPT

$\sum_{i=1}^n di$ = 30 meter atau lebih

c. Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektrum

Koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada perioda 0.2 detik (F_a) untuk perioda pendek dan perioda 1 detik (F_v). Penentuan parameter spektrum respons percepatan ditulis pada persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (2.6)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (2.7)$$

Dimana :

S_{MS} = parameter respon percepatan pada periode pendek

S_{M1} = parameter respon percepatan pada periode 1 detik

S_s = parameter respon spectral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode pendek

S_1 = parameter respon spectral percepatan gempa MCE_R terpetakan untuk periode 1,0 detik

Koefisien situ F_a and F_v dapat diperoleh dari SNI 1726-2012 Tabel 4 dan 5 dibawah.

Tabel 5 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726, 2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN :

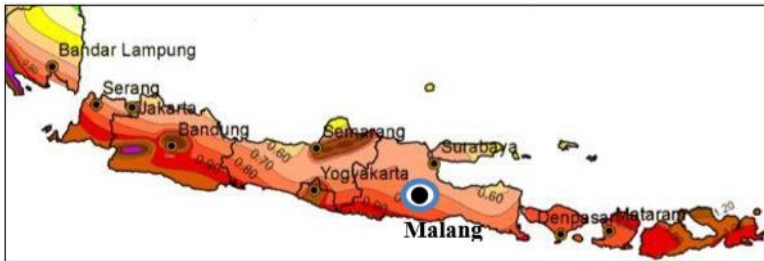
- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat **Pasal 6.9.1**

Tabel 6 Koefisien Situs, F_v (SNI 1726, 2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat **Pasal 6.9.1**



Gambar 10 SS, Gempa maksimum resiko tersesuaian (MCE_R), kelas situs S_D (SNI 1726, 2012)



Gambar 11 S1, Gempa maksimum resiko tersesuaian (MCE_R), kelas situs S_D (SNI 1726, 2012)

d. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui persamaan berikut:

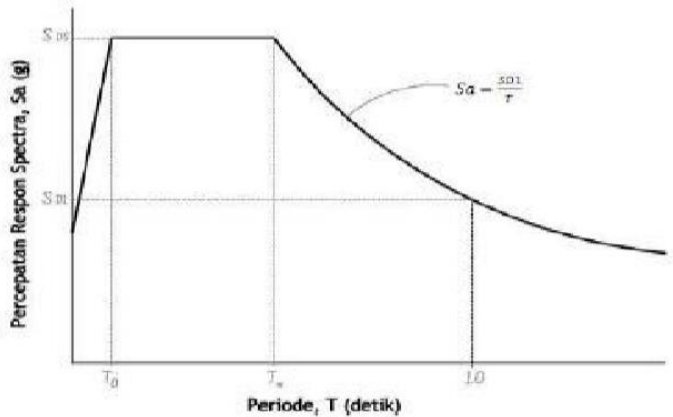
$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.8)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.9)$$

e. Respon Spektrum Desin

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan

dengan mengacu SNI 1726-2012 Gambar 1 dengan ketentuan dibawah ini



Gambar 12 Spektrum Respon Desain (SNI 1726, 2012)

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (2.10)$$

Untuk $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (2.11)$$

Untuk $T > T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (2.12)$$

Dimana:

S_a = spektrum respon percepatan desain

S_{DS} = parameter respons spektral

percepatan desain pada periode pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar fundamental struktur

f. Katagori Desain Seismik

Katagori Desain Seismik dievaluasi berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6 untuk nilai SDS dan Tabel 7 untuk nilai SD1 kemudian diambil yang paling berat dari kedua tabel tersebut dibawah ini.

Tabel 7 Katagori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek (SNI 1726, 2012)

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

Tabel 8 Katagori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Perioda 1 detik (SNI 1726, 2012)

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

4. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2, yaitu :

1. 1.4 D
2. 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L0 atau H)
3. 1.2 D + 1.6(L0 atau H) + 0.5 (γ L L atau 0.8 W)
4. 1.2 D + 1 W + γ L L + 0.5 (L0 atau H)
5. 1.2 D \pm 1.0 E + γ L L
6. 0.9 D \pm (1.0 W atau 1.0 E)

Dimana :

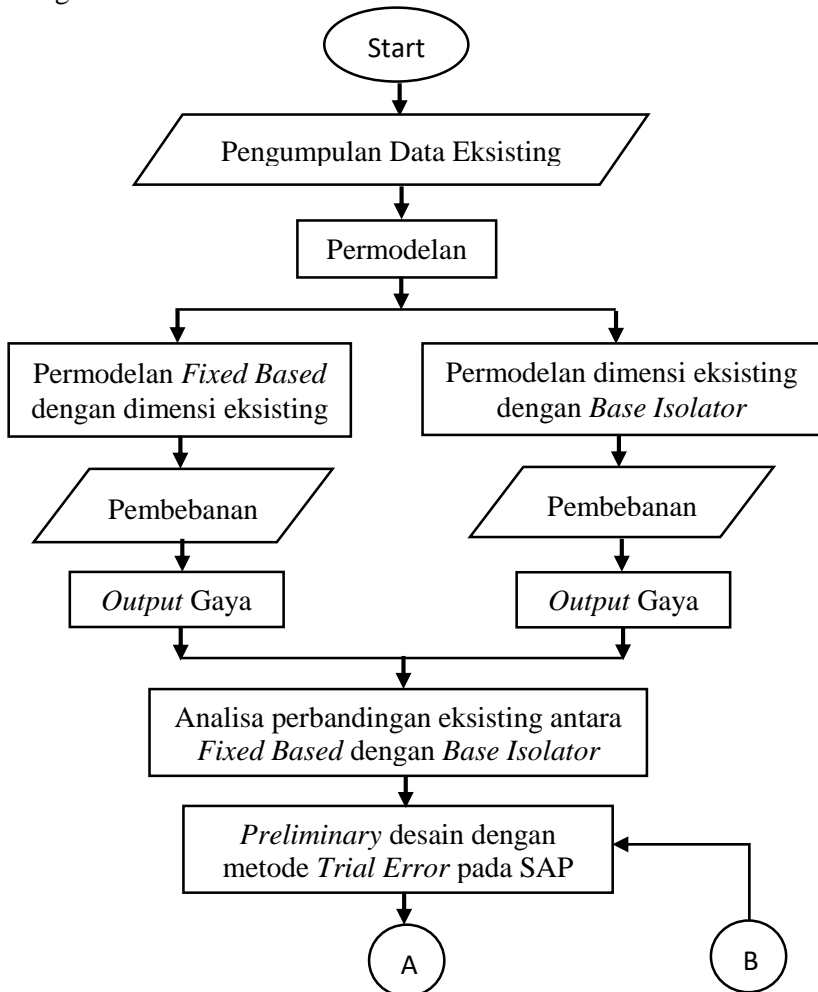
- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- L_0 = Beban hidup atap
- H = Beban hujan
- W = Beban angin
- E = Pengaruh beban gempa

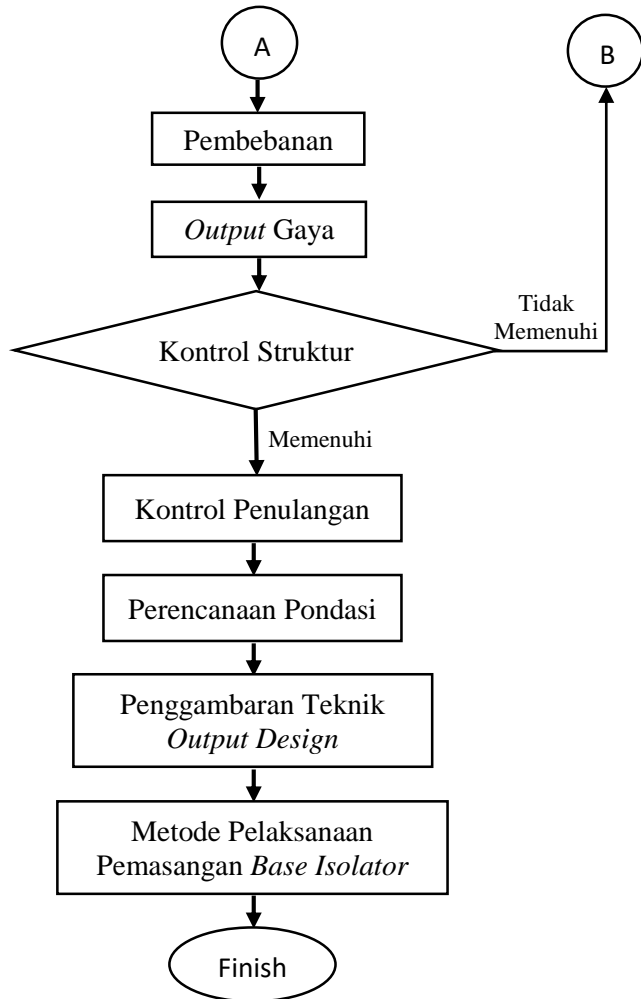
BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut ini adalah diagram alir dalam menyelesaikan tugas akhir ini





Gambar 13 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Pengumpulan Data dan Literatur

1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang penyusunan tugas akhir ini. Diantaranya adalah Data Umum Bangunan dan Data Tanah.

1. Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM)
- Lokasi : Malang
- Fungsi : Gedung Perkuliahan
- Tinggi Bangunan : 38.25 meter (8 Lantai)
- Panjang Bangunan : 70 meter
- Lebar Bangunan : 28 meter
- Area Gempa : Malang
- Struktur Utama : Beton Bertulang

2. Data Material

- Kolom : beton $f'c = 30$ MPa
-Tul Lentur dan Geser $f_y = 390$ MPa
- Balok : beton $f'c = 30$ MPa
-Tul Lentur dan Geser $f_y = 390$ MPa
- Plat : beton $f'c = 30$ MPa
-Tul Lentur dan Geser $f_y = 390$ MPa
- Base Isolation : bridgestone (terlampir)

3. Data Gambar

Data gambar yang digunakan adalah gambar arsitektur (terlampir)

4. Data Tanah

Data Tanah SPT (*Standard Penetration Test*) di Malang yang berasal dari data Testana Engineering.

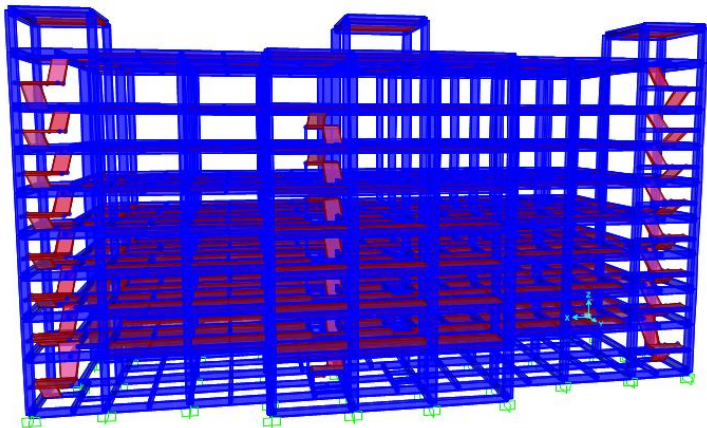
2. Studi Literatur

Literatur yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1762-2012)
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)
3. *Design of Seismic Isolated Structure* (James M Kelly dan Farzan Naeim)
4. *Rubber Bearing Isolator* Sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang (E. Suardi)
5. *Understanding and Using Structural Concepts of base isolation* (Efiloglu)
6. *Building With Base Isolation Techniques* (Sayed-ahmed)

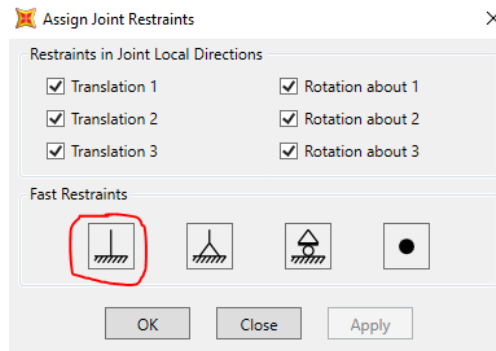
3.3 Permodelan Struktur 3D *Fixed Based*

Sesuai dengan data dimensi eksisting maka langsung di aplikasikan kedalam bentuk permodelan struktur 3D seperti gambar dibawah ini.



Gambar 14 Permodelan Struktur eksisting *Fixed Based*

Pada permodelan *Fixed Based* dengan dimensi eksisting seperti gambar diatas maka pada titik pondasi diatas pile cap terjadi reaksi terjepit penuh. Perletakan jepit adalah perletakan yang menciptakan kondisi kaku / monolit. Perletakan ini mempunyai beberapa sifat yaitu mampu menahan momen, gaya horizontal dan gaya vertikal sehingga tidak dapat bergerak ke arah horizontal, vertikal dan juga tidak berputar. Sehingga pada permodelan *Fixed Based* dengan dimensi eksisting ini untuk Assign Joint Restraints dipilih perletakan jepit seperti gambar dibawah ini.



Gambar 15 Perletakan jepit pada permodelan *Fixed Based* dengan dimensi eksisting

3.4 Permodelan Base Isolator

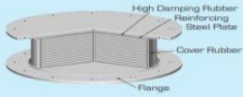
Sesuai dengan data dimensi eksisting maka dilakukan permodelan dengan menggunakan *Base Isolator*. Adapun langkah – langkah *input base isolator* adalah sebagai berikut :

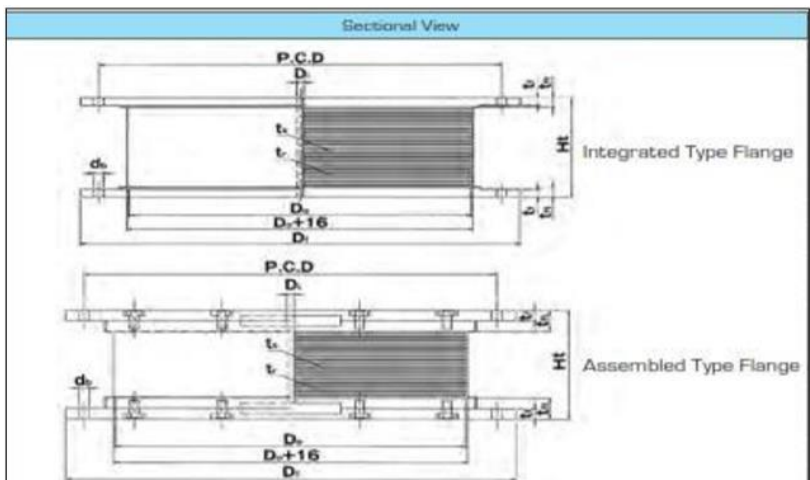
1. Menentukan Dimensi Unit HDRB

Berdasarkan analisa fixed-based akan didapatkan reksi interior kolom terbesar untuk menentukan tipe atau spesifikasi base isolator HDRB yang akan digunakan. Untuk sementara ini menggunakan satu

contoh HDRB tipe HH080X6R sesuai keterangan brosur bridgestone adalah sebagai berikut:

- a. Modulus shear (G) = $0,620 \text{ N/mm}^2 = 0,620 \text{ MN/m}^2$
- b. Ketebalan rubber (t_r) = 200 mm

	Features	Sectional View
HDR High Damping Rubber Bearing	High damping rubber includes both spring and damping characteristics. Generally, a separate damper is not required, making it an excellent choice for areas with space constraints. Since its hysteresis curves are relatively smooth, seismic isolation can also be extended to the equipment inside the building. There are 3 different elastic moduli available (EO.3R, EO.4R, XO.6R). From light column loads until high rise building can be accommodated.	



Gambar 16 Model HDRB pada brosur bridgestone (Bridgestone, n.d.2017)

Tabel 9 Spesifikasi HDRB HH080X6R (Bridgestone, 2017b)

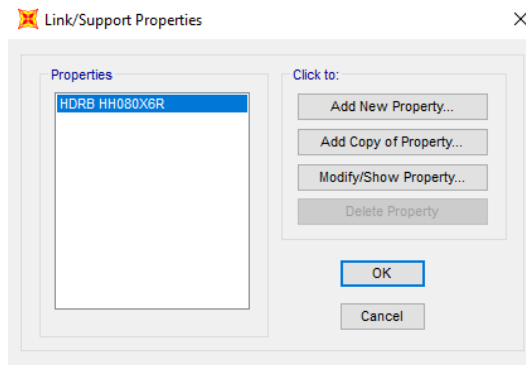
HDRB HH080X6R

Rubber Height	422.2	Mm
Mass	119	Ton.m
Area	50230000	mm ²
Damping Ratio	0.24	
Initial Stiffnes	9230	kN/m
Postyield Stiff	923	kN/m
Equivalent Stiff	156	kN/m
Yield Strength	127	kN
Compressive Stiff	35100000	kN/m

2. Memodelkan HDRB

Adapun langkah-langkah input *base isolator* pada struktur yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- a. Modelkan perletakan base isolator :
Define – section properties – Link/Support properties



Gambar 17 Permodelan *Base Isolator*

Pada kolom “Click to” pilih “Add New Property” untuk menambah spesifikasi HDRB yang akan digunakan.

- b. Input data spesifikasi dari dimensi HDRB

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Rubber Isolator

Property Name: HDRB HH080X6R

Property Notes:

Total Mass and Weight

Mass	1190.	Rotational Inertia 1	0.
Weight	9230.	Rotational Inertia 2	0.
		Rotational Inertia 3	0.

Factors For Line, Area and Solid Springs

Property is Defined for This Length in a Line Spring: 38200.

Property is Defined for This Area in Area and Solid Springs: 4750000.

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...
<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

P-Delta Parameters

Advanced...

OK

Cancel

Fix All

Clear All

Gambar 18 Input spesifikasi HDRB

Pada kolom “*Property Name*” tambahkan nama spesifikasi HDRB yang akan digunakan yaitu HDRB HH080X6R. Kemudian pada kolom “*Total Mass and Weight*”, untuk “*Mass*” masukkan nilai *Mass* dan untuk “*Weight*” masukkan nilai *Initial Stiffnes* pada Tabel 11 diatas. Selanjutnya pada kolom “*Factors For Line, Area and Solid Springs*”, nilai untuk “*Property is Defined for This Length in a Line Spring*” dan “*Property is Defined for This Area in Area and Solid Springs*” akan otomatis keluar. Terakhir untuk “*Directional Properties*” centang pada Kolom Direction untuk U1, U2, dan U3.

- c. Kemudian dilakukan input data *Directional properties* yang meliputi UI dalam arah vertikal dan U2-U3 dalam arah horizontal permukaan *seismic isolation*.

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: HDRB HH080X6R

Direction: U1

Type: Rubber Isolator

NonLinear: No

Properties Used For All Analysis Cases

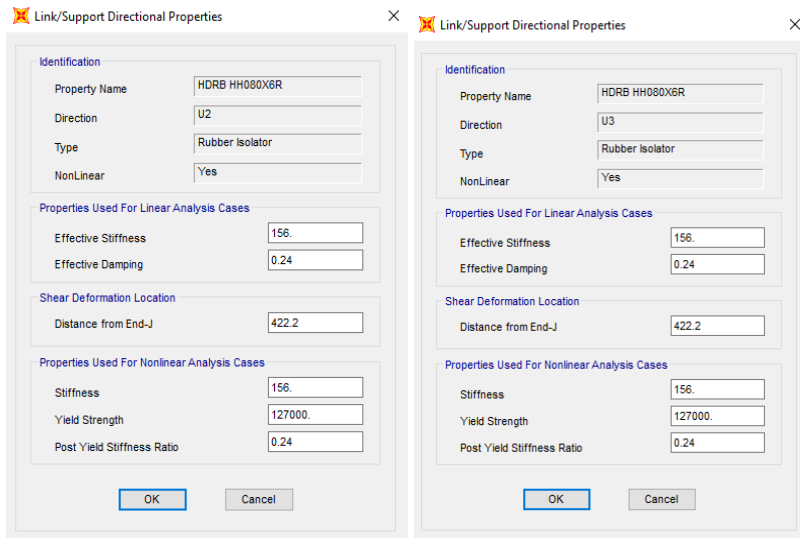
Effective Stiffness: 35100000

Effective Damping: 0.24

OK Cancel

Gambar 19 *Input Directional Properties U1 HDRB*

Pada langkah (b) gambar 18 diatas, pada kolom “*Properties*” pilih “*Modify/Show for U1*” akan terlihat seperti gambar 19 diatas. Kemudian pada kolom “*Properties Used For All Analysis Cases*”, untuk “*Effective Stiffness*” masukkan nilai *Compressive Stiff* dan untuk “*Effective Damping*” masukkan nilai *Damping Ratio* pada Tabel 11 diatas.

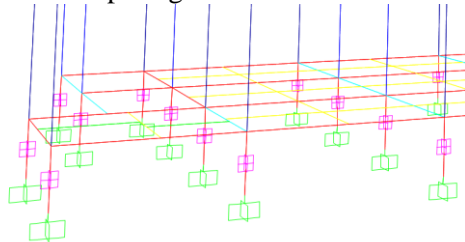


Gambar 20 *Input Directional Properties U2 dan U3 HDRB*

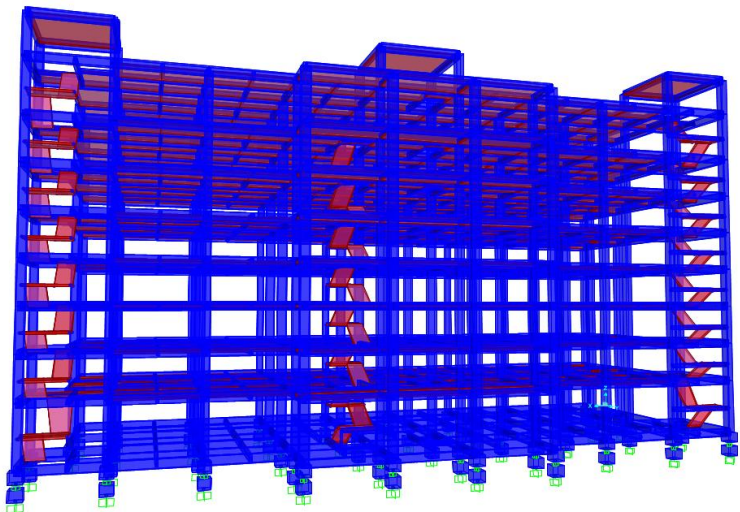
Pada langkah (b) gambar 18 diatas, pada kolom “*Properties*” pilih “*Modify/Show for U2 dan U3*” akan terlihat seperti gambar 19 diatas. Kemudian pada kolom “*Properties Used For All Analysis Cases*”, untuk “*Effective Stiffness*” masukkan nilai *Equivalent Stiff* dan untuk “*Effective Damping*” masukkan nilai *Damping Ratio* pada Tabel 11 diatas. Selanjutnya pada kolom “*Shear Deformation Location*” untuk “*Distance from End-J*” masukkan nilai *Rubber Height* pada Tabel 11 diatas. Terakhir untuk “*Properties Used For Nonlinear Analysis Cases*” untuk “*Stiffness*” masukkan nilai *Equivalent Stiff*, untuk “*Yield Strength*” masukkan nilai *Yield Strength* dan untuk “*Post Yield Stiffness Ratio*” masukkan nilai *Damping Ratio* pada Tabel 11 diatas.

d. Penggambaran HDRB sebagai perletakan

Klik menu *draw – draw 1 joint link*, asumsi sejarak 1 m dari *joint* kolom paling bawah dan sejarak 1 m dari *joint* jepit sebagai pile cap (Tanaya, 2018) – pilih *link properties* yang telah dimodelkan – klik *joint* yang ingin diberikan *base isolator*. Maka perletakan base isolator terlihat seperti gambar 21 dibawah ini.



Gambar 21 *joint link* dengan *base isolator*



Gambar 22 Permodelan dimensi eksisting dengan *Base Isolator*

Diantara perletakan *base isolator* terdapat dua kolom yaitu kolom dibawah dan diatasnya. Kolom dibawah *base isolator* disebut dengan kolom pedestal sejarak 1m yang terletak setelah pile cap. Sedangkan kolom atas *base isolator* direncanakan sejarak 1m juga.

3.5 Analisis Pembebanan

Pembebanan pada struktur pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 dan PPIUG 1983. Bangunan memikul beberapa macam beban sebagai berikut :

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lainnya seperti dibawah ini:

1. Berat sendiri elemen struktur (self weight, DL)
 - Berat beton : $23,6 \text{ kN/m}^2 = 2360 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 07-2002 Tabel C3-1)
2. Berat sendiri tambahan (superimposed dead load, SDL)
 - Berat dinding bata ringan = 600 kg/m^2 (Brosur CITICON ®)
 - Beban keramik = $16,5 \text{ kg/m}^2$ (Brosur Arwana Ceramics tipe AR 3867 BK)
 - Beban spesi = 21 kg/m^2 (SNI 1727-2013 Pasal 3.1)
 - Beban ducting mechanical atau pemipaan air bersih dan air kotor (SNI 1727-2013 Pasal 3.1) = 25 kg/m^2
 - Beban Plafon Kalsiboard = $9,2 \text{ per } m^2$ (Brosur GRC Board)

- Beban Partisi Plafon tipe 8 = 16,8 kg per m^2 (Brosur Kalsipart 8)
- Beban Plester = 20 kg/ m^2 /10 mm (Brosur DRYMIX®)
- Beban Acian dinding = 3 kg/ m^2 /2 mm (Brosur Acian NPS450 DRYMIX®)
- Beban Lift = untuk lift yang dipakai adalah sesuai brosur.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban maksimum yang akan dialami oleh suatu jenis ruangan. Pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 4-1 seperti dibawah ini:

1. Beban Hidup (L)
 - Beban ruang kelas : 1,92 kN/ m^2 = 192 kg/ m^2
 - Beban ruang kantor : 2,4 kN/ m^2 = 240 kg/ m^2
 - Beban ruang pertemuan : 4,79 kN/ m^2 = 479 kg/ m^2
 - Beban bordes dan anak tangga : 1,33 kN/ m^2 = 133 kg/ m^2 (SNI 0301727-2013 Pasal 4.5.4)
2. Beban hidup atap (Lr)
 - Beban atap datar : 0,96 kN/ m^2 = 96 kg/ m^2

3. Beban Angin

Beban angin mengacu pada SNI 1727-2013 untuk nilai faktor kepentingan Angin yang selanjutnya di input pada kombinasi pembebanan SAP. Berikut dibawah ini merupakan tabel faktor kepentingan berdasarkan kategori risiko bangunan.

Tabel 10 Faktor kepentingan berdasarkan kategori risiko bangunan dan struktur lainnya untuk beban salju, es, dan gempa (SNI 1727, 2013)

Kategori Risiko dari Tabel 1.5-1	Faktor Kepentingan Salju, I_s	Faktor Kepentingan Es-Ketebalan, I_e	Faktor Kepentingan Es-Angin, I_w	Faktor Kepentingan Seismik, I_e
I	0,80	0,80	1,00	1,00
II	1,00	1,00	1,00	1,00
III	1,10	1,25	1,00	1,25
IV	1,20	1,25	1,00	1,50

⁹Faktor kepentingan komponen, I_p , berlaku untuk beban gempa, tidak termasuk dalam tabel ini karena tergantung pada kepentingan dari komponen individual daripada bangunan secara keseluruhan, atau huniannya. Lihat ke Pasal 1.3.1.3.

4. Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan :

a. Mengklasifikasi Katagori Resiko Struktur Bangunan

Pengklasifikasikan berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) dapat dilihat pada tabel 2 SNI 1726 – 2012

b. Definisi Kelas Situs

Kelas situs ditetapkan sesuai SNI 1726-2012 tabel 3 Klasifikasi Situs berikut. Dengan data SPT test maka persamaan digunakan untuk menentukan jenis tanahnya.

c. Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektrum

Koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada perioda 0.2 detik (F_a) untuk perioda pendek dan perioda 1 detik (F_v) pada Tabel Koefisien F_a dan F_v yang diperoleh dari SNI

1726-2012 Tabel 4 dan 5. Sedangkan untuk nilai S_s dan S_1 diperoleh dari Peta Gempa maksimum resiko tersesuaian (MCE_R). Selanjutnya penentuan parameter spektrum respons percepatan ditulis pada persamaan S_{MS} dan S_{M1} .

d. Parameter Percepatan Spektral Desain

Harus ditentukan dahulu sesuai parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD1.

e. Respon Spektrum Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifikasi tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu SNI 1726-2012 Gambar 1 dengan ketentuan yang ada.

f. Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik dievaluasi berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6 untuk nilai SDS dan Tabel 7 untuk nilai SD1 kemudian diambil yang paling berat dari kedua tabel Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode Pendek dan pada Periode 1 detik.

5. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2, yaitu :

1. $1.4 D$
2. $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_0 \text{ atau } H)$
3. $1.2 D + 1.6(L_0 \text{ atau } H) + 0.5 (\gamma L \text{ atau } 0.8 W)$

$$4. 1.2 D + 1 W + \gamma L L + 0.5 (L_0 \text{ atau } H)$$

$$5. 1.2 D \pm 1.0 E + \gamma L L$$

$$6. 0.9 D \pm (1.0 W \text{ atau } 1.0 E)$$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

L_0 = Beban hidup atap

H = Beban hujan

W = Beban angin

E = Pengaruh beban gempa

3.6 Output Gaya

Setelah melakukan permodelan sesuai dimensi eksisting *Fixed Based* maupun *Base Isolator* masing – masing dari permodelan tersebut diberikan semua kombinasi pembebanan yang sama sesuai point 3.5 dan selanjutnya masing – masing *Fixed Based* maupun *Base Isolator* di *run*. Selanjutnya pada aplikasi dipilih *Display – Show Forces/Stresses* selanjutnya *Display – Show Table*. Kemudian didapatkan pada excel hasil *Output* gaya seperti momen dan gaya aksial dari tiap elemen struktur.

3.7 Analisa perbandingan eksisting antara *Fixed Based* dengan *Base Isolator*

Setelah mendapatkan hasil *Output* gaya dari tiap elemen masing – masing struktur *Fixed Based* maupun *Base Isolator* maka dapat membuat hasil analisa perbandingan eksisting antara keduanya. Apabila hasil *Output* gaya dari tiap elemen struktur yang menggunakan *Base Isolator* menghasilkan momen maupun gaya aksial yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan *Fixed Based*, maka selanjutnya akan dilakukan *Preliminary* desain dengan metode *Trial Error* seperti pada point 3.8 dengan dimensi atau jumlah tulangan yang baru.

3.8 **Preliminary desain dengan metode Trial Error**

Sesuai hasil *Output* gaya dari tiap elemen struktur yang menggunakan *Base Isolator* kemudian tahap – tahap selanjutnya yaitu :

1. Menghitung dimensi ulang dengan melakukan metode *trial error* pada aplikasi yang digunakan.
2. Setelah itu diberikan semua kombinasi pembebanan yang sama sesuai point 3.5.
3. Kemudian di *run* lagi hingga menghasilkan *Output Gaya* baru yang lebih sesuai dan efisien.

3.9 **Kontrol Struktur**

Kontrol struktur dengan *Base Isolator* meliputi beberapa tahap yaitu:

1. Batas Simpangan Antar Lantai
Pada SNI 1726-2012 pasal 12.5.6 simpangan antar lantai maksimum struktur diatas sistem isolasi tidak boleh melebihi 0,015hsx. Simpangan antar lantai harus dihitung berdasarkan persamaan pada pasal 7.8.6 dengan faktor Cd dari sistem isolasi sama dengan faktor R1 yang ditentukan pasal 12.5.4.2
2. Kontrol Perpindahan Base Isolator
Kontrol perpindahan yang terjadi tidak boleh melebihi rencana yang telah ditentukan pada pasal 12.5.3.1
3. Nilai Respon Spektrum
Nilai Vdinamik (V_t) disyaratkan pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 minimal 85% dari Vstatik (V). ($V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$). Bila syarat ini tidak terpenuhi maka gaya geser dasar ragam perlu dikalikan faktor skala gaya 0,85 V/V_t (SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1)
4. Partisipasi Massa

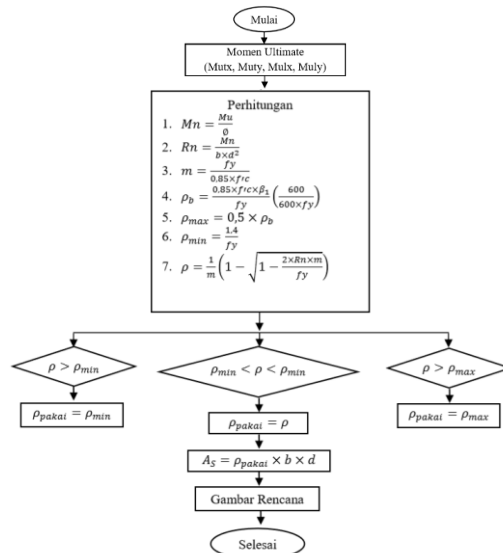
Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus meyeritakan jumlah ragam yang mencangkup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam ragam terkombinasi minimal dari respon yang ditinjau model (SNI 1726:2012 pasal 7.91).

3.10 Kontrol Penulangan

Hasil gaya-gaya dala yang memberikan nilai terbesar dari kombinasi pembebanan akan menjadi acuan untuk menentukan penulangan. Penulangan yang dilakukan yaitu penulangan pelat, kolom, balok, beam-column joint, dan pondasi.

a. Penulangan Lentur Balok

Berikut ini tahapan untuk merencanakan lentur balok:



Gambar 23 Diagram Alir Penulangan Lentur Balok
(RIDHOTULLAH, 2018)

b. Penulangan Geser Balok

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.1 kekuatan geser pada desain penampang harus didasarkan pada :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana,

$$\phi = 0,75 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 9.3.2.3)}$$

V_n = Kekuatan geser nominal

V_u = Kekuatan geser terfaktor

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.2.1.1 kekuatan geser harus disediakan beton pada balok untuk komponen non prategang

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

Dimana,

$$\lambda = 1 \text{ (Beton normal, SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.4.6.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non prategang). Jika :

$$0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c \text{ (Pakai tulangan geser minimum)}$$

$$V_u \leq 0,5 \phi V_c \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Maka dipakai :

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{f_c'} \frac{b_w \times s}{f_y}$$

$$\text{(SNI 2847 : 2013, Ps. 11.4.6.3)}$$

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 11.4.6.1 kekuatan geser harus disediakan dalam semua komponen (prategang dan non prategang). Jika :

$$\phi V_c < V_u < \phi (V_c + V_s) \quad \text{(Perlu tulangan geser)}$$

Dimana,

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} < 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

(SNI 2847:2013, Ps. 11.4.7.9)

c. Kontrol Tulangan Torsi Balok

Perencanaan tulangan torsi harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 11.5-11.5.7

$$\phi T_n \geq T_u$$

$$T_n = 0,083 \sqrt{f_c'} \left(\frac{A^2 c_p}{P c_p} \right)$$

dimana,

$$\phi = 0,75$$

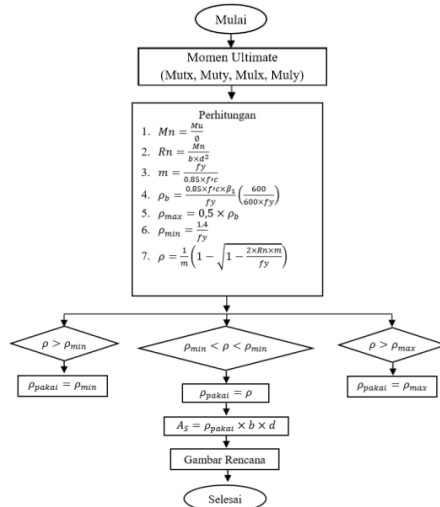
T_n = Kekuatan torsi nominal

T_u = Kekuatan torsi terfaktor

A_{cp} = Luas penampang beton

P_{cp} = Keliling penampang beton

d. Penulangan Lentur Pelat



Gambar 24 Penulangan Lentur Pelat (RIDHOTULLAH, 2018)

e. Perhitungan Tulangan Susut Pelat

Menurut SNI 2847:2013, Ps. 7.12. Tulangan susut harus disediakan minimum memiliki rasio luasan tulangan terhadap luasan penampang beton dan tidak kurang dari 0,0014.

f. Perencanaan Tulangan Kolom

Detail penulangan kolom menggunakan program bantu PCACol dan peraturan SNI 2847:2013, Ps. 21.5 dan 21.6 mengenai komponen struktur rangka momen khusus yang dikenai beban lentur dan aksial.

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.9.1 luas tulangan longitudinal A_{st} untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ dan tidak boleh lebih besar dari $0,08A_g$.

$$1\% < \rho < 8\%$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 10.3.6. desain beban aksial tekan tidak lebih besar dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\Phi P_n > P_u$$

Dimana, untuk komponen non prategang dengan tulangan pengikat (Ps. 10.3.6.2)

$$\Phi P_n = 0,8 \times \Phi (0,85 \times f_c' (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st})$$

Menurut ψ_3 panjang penyaluran batangan ulir dalam kondisi tarik pada kolom

$$L_d = \left(\frac{F_y \Psi_t \Psi_e \Psi_s}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'} \left(\frac{Cb + K_{tr}}{db} \right)} \right) db$$

$$\left(\frac{Cb + K_{tr}}{db} \right) < 2,5$$

Dimana,

$$K_{tr} = 0 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.3)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

$$\psi_s = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Ps. 12.2.4)}$$

3.11 Perencanaan Pondasi

a. Perencanaan Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang menggunakan data SPT tanah yang telah didapatkan

1. Menghitung kapasitas ultimate satu tiang

$$Q_u = 40 N A_p + A_s N_{av} \frac{1}{5}$$

Dimana:

$$N = \text{Nilai rata-rata elevasi dasar tiang } \frac{N_1 + N_2}{2}$$

N_1 = Nilai SPT pada kedalaman 4D ujung tiang ke bawah

N_2 = Nilai SPT pada kedalaman 8D ujung tiang keatas

A_p = Luas penampang dasar tiang

2. Menghitung kapasitas layan satu tiang

$$P_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

3. Menghitung jarak tiang pancang

- Syarat jarak antar tiang pancang

$$2,5 D \leq S \leq 3D$$

- Syarat jarak tepi pile cap ke tiang pancang

$$1,5 D \leq S \leq 2D$$

4. Perhitungan daya dukung tiang kelompok (grup)

$$P_i = \frac{\sum P}{n} + \frac{Myx}{\sum x^2} + \frac{Mxy}{\sum y^2}$$

b. Perencanaan Poer

1. Kontrol tebal minimum poer

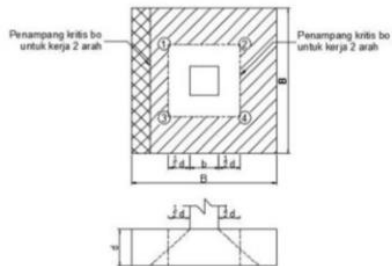
Menurut SNI 2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (footing) diatas tiang pondasi.

2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

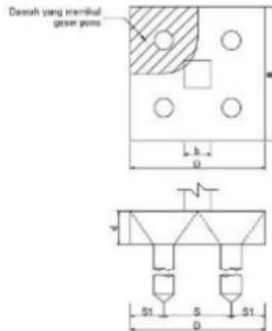
Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2}d$ dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 2.10 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



Gambar 25 Kontrol Geser Pons pada poer akibat beban Kolom

- Kontrol Geser
 $\phi V_n \geq V_u$
- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh $\frac{1}{2} d$ dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 2.11 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibataksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 26 Kontrol Geser Pons pada poer akibat Tiang Pancang

3.12 Penggambaran Hasil Perencanaan

Menggambarkan hasil perencanaan meliputi :

A. Gambar arsitektur terdiri dari :

- Gambar denah
- Gambar tampak (tampak depan dan tampak samping)
- Gambar potongan (potongan memanjang dan melintang)

B. Gambar struktur terdiri dari

- Gambar pelat
- Gambar tangga dan bordes
- Gambar balok
- Gambar kolom
- Gambar sloof
- Gambar pondasi

C. Gambar penulangan

- Gambar penulangan pelat
- Gambar penulangan tangga dan bordes
- Gambar penulangan balok
- Gambar penulangan kolom
- Gambar penulangan sloof
- Gambar penulangan poer dan pondasi

D. Gambar detail

- Gambar detail hubungan balok kolom
- Gambar detail base isolator tipe HH90X6R

E. Gambar portal

- Gambar portal memanjang
- Gambar portal melintang

3.13 Metode Pelaksanaan Pemasangan HDRB

Metode pelaksanaan yang akan dibahas adalah metode pelaksanaan pekerjaan pemasangan Base Isolator High Dumping Rubber Bearing (HDRB) adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan Base Plate

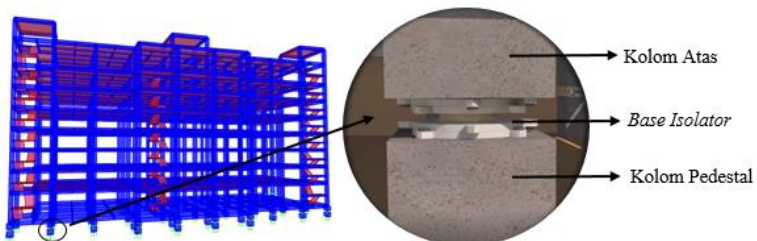
Pemasangan base plate berfungsi sebagai penunpu base isolator yang akan direncanakan, meliputi :

- a. Pekerjaan pile cap
- b. Pembesian kolom pedestal
- c. Pemasangan bekisting pada kolom pedestal
- d. Pengecoran kolom pedestal

2. Pemasangan Seismic Base

Pemasangan seismic base berfungsi sebagai penunpu base isolator yang akan direncanakan, meliputi :

- a. Grouting kolom pendek
- b. Pemasangan base isolator bagian bawah
- c. Pemasangan Top plate
- d. Pemasangan base isolator bagian atas
- e. Pemasangan kolom atas



Gambar 27 Kolom pedestal, *base isolator*, dan kolom atas

BAB IV

ANALISA PEMBEBANAN

4.1 Beban Mati

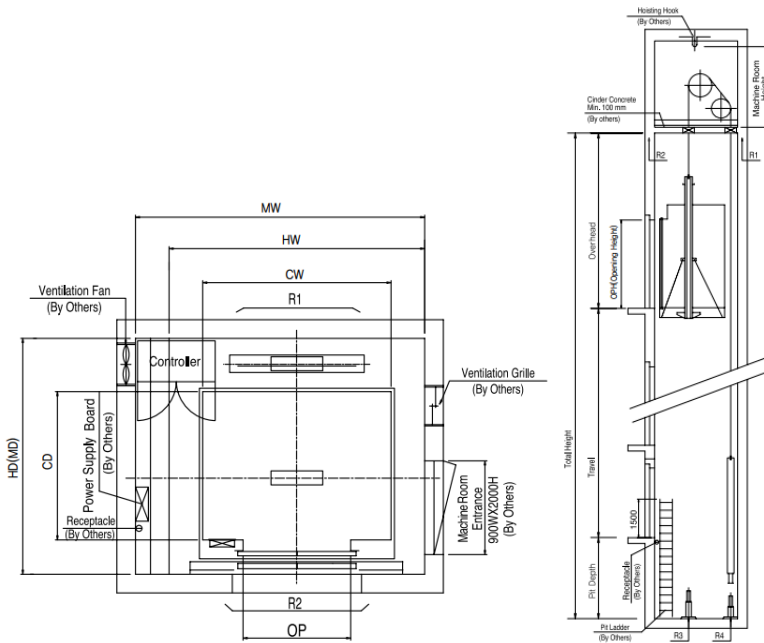
Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lainnya seperti dibawah ini:

1. Berat sendiri elemen struktur (self weight, DL)
 - Berat beton : $23,6 \text{ kN/m}^2 = 2360 \text{ kg/m}^2$ (ASCE 07-2002 Tabel C3-1)
2. Berat sendiri tambahan (superimposed dead load, SDL)
 - Berat dinding bata ringan = 600 kg/m^2 (Brosur CITICON®)
 - Beban keramik = $16,5 \text{ kg/m}^2$ (Brosur Arwana Ceramics tipe AR 3867 BK)
 - Beban spesi = 21 kg/m^2 (SNI 1727-2013 Pasal 3.1)
 - Beban ducting mechanical atau pemipaan air bersih dan air kotor (SNI 1727-2013 Pasal 3.1) = 25 kg/m^2
 - Beban Plafon Kalsiboard = $9,2 \text{ per } m^2$ (Brosur GRC Board)
 - Beban Partisi Plafon tipe 8 = $16,8 \text{ kg per } m^2$ (Brosur Kalsipart 8)
 - Beban Plester = $20 \text{ kg/m}^2/10 \text{ mm}$ (Brosur DRYMIX®)
 - Beban Acian dinding = $3 \text{ kg/m}^2/2 \text{ mm}$ (Brosur Acian NPS450 DRYMIX®)
 - Beban Lift = untuk lift yang dipakai adalah merk Sigma tipe Iris dengan reaksi adalah sebagai berikut:

Tabel 11 Spesifikasi Lift merk Iris (IRIS, 2012)

Speed (m/sec)	Capacity (person/kg)		Reaction Static Load				Door Opening
	Person	Load	R1	R2	R3	R4	
1	24	1600	10200	7000	109500	8700	1100

Dimension					
Car		Hoistway		Machine Room	
A	B	AH	BH	AH	BH
2150	1600	2700	2300	2700	2300



Gambar 28 Denah Potongan Hoistway Elevator (IRIS, 2012)

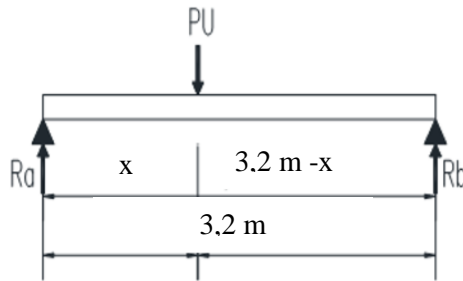
Perhitungan pembebanan pada balok lift penggantung lift adalah sebagai berikut:

Panjang balok penggantung lift = 3,2 m

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.6.3 dimana beban impak akibat mesin timbal balik, maka beban harus dikalikan sebesar 50%.

$$Ra = R1 \times KLL = R1 \times 150 \% = 15300 \text{ kg}$$

$$Rb = R2 \times KLL = R2 \times 150 \% = 10500 \text{ kg}$$



Gambar 29 Pembebanan pada Balok Penggantung Lift

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 3.2 \text{ m} \times 15300 \text{ kg} - P_u \times x$$

$$P_u = \frac{48960 \text{ kg.m}}{x}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = 3.2 \text{ m} \times 10500 \text{ kg} - P_u \times (3.2 \text{ m} - x)$$

$$0 = 33600 \text{ kg.m} - \frac{48960 \text{ kg.m}}{x} \times (3.2 \text{ m} - x)$$

$$0 = 33600 \text{ kg.m} - \frac{156672 \text{ kg.m}^2}{x} + 48960 \text{ kg.m}$$

$$0 = 8250 \text{ kg.m} - \frac{156672 \text{ kg.m}^2}{x}$$

$$x = \frac{156672 \text{ kg.m}^2}{8250 \text{ kg.m}}$$

$$x = 1.898 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{48960 \text{ kg.m}}{x} = \frac{48960 \text{ kg.m}}{1.898} = 25800 \text{ kg}$$

4.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban maksimum yang akan dialami oleh suatu jenis ruangan. Pada tugas akhir ini mengacu pada SNI 1727-2013 tabel 4-1 seperti dibawah ini:

1. Beban Hidup (L)
 - Beban ruang kelas : $1,92 \text{ kN/m}^2 = 192 \text{ kg/m}^2$
 - Beban ruang kantor : $2,4 \text{ kN/m}^2 = 240 \text{ kg/m}^2$
 - Beban ruang pertemuan : $4,79 \text{ kN/m}^2 = 479 \text{ kg/m}^2$
 - Beban bordes dan anak tangga : $1,33 \text{ kN/m}^2 = 133 \text{ kg/m}^2$ (SNI 0301727-2013 Pasal 4.5.4)
2. Beban hidup atap (Lr)
 - Beban atap datar : $0,96 \text{ kN/m}^2 = 96 \text{ kg/m}^2$

4.3 Beban Air Hujan (R)

Beban air hujan direncanakan berdasarkan pada SNI 1727-2013 pasal 5.4.4.2.

$$R = 0.0098 \cdot (d_s + d_h)$$

d_s = tinggi statis

d_h = tinggi hidrolis

Direncanakan,

- tinggi statis (d_s) = 20 mm
- tinggi hidrolis (d_h) = 10 mm

Sehingga,

- $R = 0,0098 (d_s + d_h)$
- $R = 0,294 \text{ kN/m}^2 = 29,4 \text{ kg/m}^2$

4.4 Beban Angin

Bangunan Gedung dan struktur lain harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin sesuai dengan

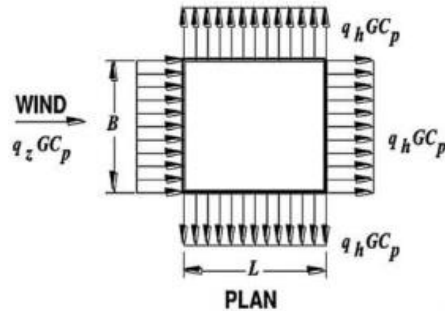
SNI 03-1727-2013. Beban angin dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom. Berikut tahapan perhitungan beban angin yang terjadi pada struktur bangunan :

- Kecepatan angin dasar (V) = 28 km/jam = 7,78 m/s (Berdasarkan angin terbesar periode November - Desember tahun 2018, diambil dari bmkg perkiraan cuaca)
- Menentukan Faktor Arah Angin, K_d (SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1) Berdasarkan didapatkan nilai faktor arah angin $K_d = 0.85$
- Kategori eksposur = B (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.7.3)
- Faktor topografi (K_{zt}) = 1,0 (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.8.2)
- Faktor efek angin (G) = 0,85 (SNI 03-1727-2013 Pasal 26.9.1)
- Klasifikasi ketertutupan = Bangunan tertutup (SNI 031727-2013 Pasal 26.10)
- Menentukan Nilai Koefisien Eksposur, K_z . Dari (SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1) didapatkan nilai $\alpha = 7.0$ dan $Z_g = 365.76$ m. Jika ketinggian untuk kolom bangunan, $z = 38.25$ meter, maka:

$$K_z = 2.01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}} = 2.01 \left(\frac{38.25m}{365.76m} \right)^{\frac{2}{7}} = 1.054$$

- Menentukan Tekanan Velositas (q_z) (SNI 1727:2013 pasal 27.3-1)
 - $q_z = 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$ (N/m^2)
 - $q_z = 0.613 \times 1.054 \times 1 \times 0.85 \times 7.8^2 = 33.29 N/m^2$
 - $q_h = q_z = 33.29 N/m^2$
- Koefisien tekanan eksternal (untuk dinding pada gedung)
 - Panjang Bangunan, $L = 70$ m

- Lebar Bangunan, $B = 28 \text{ m}$
- $L/B = 70/28 = 2.5$
- $C_p = 0,8$ (untuk dinding pada angin datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
- $C_p = -0,275$ (untuk dinding pada angin tepi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
- $C_p = -0,7$ (untuk dinding pada angin pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)
- Pengaruh angin pada dinding



Gambar 30 Pengaruh angin pada dinding (SNI 1727, 2013)

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin datang} &= qz \times G \times Cp \\
 &= 33,29 \text{ N/m}^2 \times 0,85 \times 0,8 \\
 &= 22,64 \text{ N/m}^2 \\
 &= 2,264 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin tepi} &= qh \times G \times Cp \\
 &= 33,29 \times 0,85 \times -0,275 \\
 &= -7,78 \text{ N/m}^2 \\
 &= -0,78 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pada arah angin pergi} &= qh \times G \times Cp \\
 &= 33,29 \times 0,85 \times -0,7 \\
 &= -19,8 \text{ N/m}^2 \\
 &= -1,98 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum = $0,77 \text{ kN/m}^2 = 77 \text{ kg/m}^2$ untuk dinding bangunan.

4.5 Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan :

- a. Mengklasifikasi Kategori Resiko Struktur Bangunan
Sesuai dengan Tabel 3 Kategori Resiko Bangunan SNI 1726, 2012 bangunan yang didesain untuk fasilitas pendidikan masuk kedalam kategori risiko IV.
- b. Mengklasifikasi Kategori Resiko Struktur Bangunan
Pengklasifikasikan berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) dapat dilihat pada tabel 2 SNI 1726 – 2012 maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni $I_e = 1.5$
- c. Definisi Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 30m dari Testana Engineering didapatkan hasil dibawah ini:

Tabel 12 Perhitungan N SPT

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (di) (m)	Deskripsi Tanah	Nilai N SPT (Ni)	di/Ni
1	5.5	Silt and clay, dark brown, inorganic, little sand, stiff	12.125	0.45361
2	6.5	sand and silt, brown, little clay, loose to very dense	28.28571429	0.2298
3	3	Silt, dark grey, some sand, stiff	28	0.1071
4	1.5	silt and sand, brown, little clay, dense	37	0.0405
5	2.5	silt and clay, brownish dark grey, inorganic, trace	25	0.1000
6	3.25	silt and sand, brown, trace clay, medium	25	0.1300
7	1.75	sand and silt, grey, medium	27	0.0648
8	3.5	sand and silt, grey, cemented at some depth,	50	0.0700
9	2.5	sand and silt, brown, cemented at some depth,	50	0.0500
Σ	30			1.2459

$$(\bar{N}_{\text{SPT}}) = \frac{\sum di}{\sum di/Ni} = \frac{30}{1.2459} = 24,0789$$

Dengan data SPT test diatas sesuai tabel kelas situs SNI 1726-2012 maka termasuk dalam kelas SD (Tanah Sedang)

- d. Menentukan parameter percepatan gempa (S_s , S_1)



Gambar 31 Nilai S_s , percepatan batuan dasar pada periode 0.2 detik (SNI 1726, 2012)



Gambar 32 percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (SNI 1726, 2012)

Nilai parameter percepatan gempa untuk kota Malang yang digunakan melihat dari Peta Sumber dan Bahaya Gempa 2017 digunakan nilai $S_s = 0,7$ dan $S_1 = 0,3$.

- e. Menentukan koefisien situs

Sesuai Tabel 4 dan Tabel 5 Koefisien situs F_a dan F_v . maka kelas situs D, F_a diambil nilai **1.24** untuk S_s 0,7 dan F_v diambil nilai **1.8** untuk S_1 0,3.

f. Menentukan parameter percepatan desain spektral

Sesuai dengan SNI 1726:2012 Pers. 5 dan 6 maka didapatkan nilai sebagai berikut :

$$SM_s = F_a \cdot S_s = 1.24 \cdot 0.7 = 0.87$$

$$SM_1 = F_v \cdot S_1 = 1.8 \cdot 0.3 = 0.54$$

Sedangkan berdasarkan dengan SNI 1726:2012 Pers. 7 dan 8 maka didapatkan nilai sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0.87 = 0.58$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.54 = 0.36$$

g. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan ASCE 7-16 Pasal 11.6 Tabel 11.6-1, untuk $0.5 \leq SDS$, $0.2 \leq SD1$, dan kategori risiko II didapatkan kategori desain seismik D.

h. Menentukan Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 1726-2013 dan ASCE 7-16 untuk memenuhi parameter gempa maka ditentukan parameter gempa rencana sebagai berikut:

$$\text{Koefisien modifikasi respons (R)} = 8$$

$$\text{Faktor kuat-lebih sistem } (\Omega_0) = 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi (Cd)} = 5,5$$

i. Analisa Respons Spektrum

Menurut SNI 1726:2012 Pasal. 6.4 untuk memenuhi parameter gempa maka ditentukan parameter gempa rencana sebagai berikut:

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0.2 \times \frac{0.36}{0.58} = 0.12$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0.36}{0.58} = 0.62$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

- Untuk $T < T_0$, nilai $S_a = S_{DS} \cdot \left(0.4 + 0.6 \cdot \frac{T}{T_0}\right)$

Maka untuk $T = 0$

$$S_a = 0.58 \cdot \left(0.4 + 0.6 \cdot \frac{0}{0.12}\right) = 0.231$$

- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = S_{DS}$

Maka Untuk $T = T_0 = 0.12$, $S_a = 0.58$

$$T = T_s = 0.62, S_a = 0.58$$

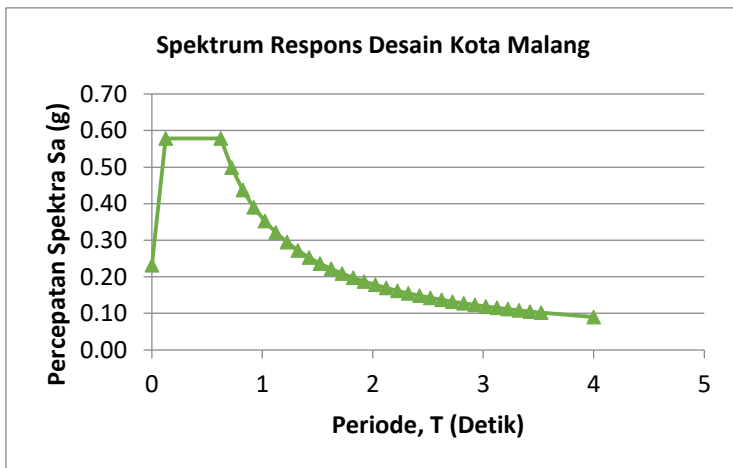
- Untuk $T > T_s$, nilai $S_a = \frac{S_{D1}}{T}$

Maka Untuk $T = T_s + 0.1 = 0.62 + 0.1 = 0.72$

$$\text{Maka } S_a = \frac{0.36}{0.72} = 0.5$$

Tabel 13 Perhitungan respon spektrum desain

T (detik)	T (detik)	Sa (g)	Ts+1.3	1.92	0.187
			Ts+1.4	2.02	0.178
0	0	0.23	Ts+1.5	2.12	0.170
T0	0.12	0.58	Ts+1.6	2.22	0.162
Ts	0.62	0.58	Ts+1.7	2.32	0.155
Ts+0.1	0.72	0.499	Ts+1.8	2.42	0.149
Ts+0.2	0.82	0.438	Ts+1.9	2.52	0.143
Ts+0.3	0.92	0.390	Ts+2.0	2.62	0.137
Ts+0.4	1.02	0.352	Ts+2.1	2.72	0.132
Ts+0.5	1.12	0.321	Ts+2.2	2.82	0.128
Ts+0.6	1.22	0.295	Ts+2.3	2.92	0.123
Ts+0.7	1.32	0.272	Ts+2.4	3.02	0.119
Ts+0.8	1.42	0.253	Ts+2.5	3.12	0.115
Ts+0.9	1.52	0.237	Ts+2.6	3.22	0.112
Ts+1.0	1.62	0.222	Ts+2.7	3.32	0.108
Ts+1.1	1.72	0.209	Ts+2.8	3.42	0.105
Ts+1.2	1.82	0.198	Ts+2.9	3.52	0.102
			4	4	0.090



Gambar 33 Grafik respon spektrum desain

4.6 Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2, yaitu :

1. $1.4 D$
2. $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_0 \text{ atau } H)$
3. $1.2 D + 1.6(L_0 \text{ atau } H) + 0.5 (\gamma L L \text{ atau } 0.8W)$
4. $1.2 D + 1 W + \gamma L L + 0.5 (L_0 \text{ atau } H)$
5. $1.2 D \pm 1.0 E + \gamma L L$
6. $0.9 D \pm (1.0 W \text{ atau } 1.0 E)$

Dimana :

- | | |
|-------|------------------------|
| D | = Beban mati |
| L | = Beban hidup |
| L_0 | = Beban hidup atap |
| H | = Beban hujan |
| W | = Beban angin |
| E | = Pengaruh beban gempa |

BAB V

ANALISA STRUKTUR DENGAN *FIXED BASED*

5.1. Kontrol Gaya Geser Dasar

Kontrol gaya dinamis struktur digunakan untuk mengontrol apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan respons spektrum sudah sesuai dengan SNI 1726 2012. Diketahui pada bab sebelumnya untuk nilai $S_s = 0,7$ g dan nilai $S_1 = 0,3$ serta nilai $S_{DS} = 0.58$ dan nilai $S_{D1} = 0.36$.

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,7}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0.10875$$

Nilai tersebut tidak boleh melebihi

$$C_{smaks} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,3}{1.73 \left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0.0509$$

Nilai C_s tersebut tidak boleh kurang dari pasal 7.8.1.1

$$C_s \min = 0.044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0.01$$

$$C_s \min = 0.044 \times S_{DS} \times I_e = 0.044 \times 0.58 \times 1.5 = 0.03828$$

$$C_s \min = 0.03828 \geq 0.01$$

Karena C_s yang dihitung melebihi C_s maks, maka diambil nilai C_s minimum sebesar 0,03828.

Tabel 14 Base Reaction total sumbu Z pada Dead load dan Live load

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	3.341E-08	-3.958E-08	14785641.86

Dari hasil tabel output SAP diatas diperoleh nilai *base reaction* sumbu Z akibat beban gravitasi untuk *Fixed Based* yang dapat dijadikan sebagai total berat mati dan hidup bangunan yaitu sebesar 14785641.86 kg.

Berdasarkan SNI 1726-2012 psal 7.8.1 gaya gempa lateral didapat dengan mengalikan berat bangunan dengan koefisien respon seismik.

$$V = Cs \times W = 0,03828 \times 14785641.86 \text{ kg} = 56469.234 \text{ kg}$$

Nilai V_{statik} (V) didapat dari hasil perhitungan dan nilai $V_{dinamik}$ (V_t) yang didapat dari base reaction hasil analisis struktur. Sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4 mensyaratkan nilai akhir $V_{dinamik}$ minimal 85 % dari V_{statik} ($V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$). Bila syarat ini tak terpenuhi maka gaya geser dasar ragam perlu dikalikan faktor skala gaya sebesar $0,85 V_{statik}/V_t$ (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.4.1)

Nilai gaya geser dasar static dan gaya geser dinamik ditampilkan pada Tabel 6.3. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa rasio $V_{dinamik}/V_{statik}$ selalu lebih besar dari 0,85 sehingga gaya geser dasar ragam tidak perlu dikalikan faktor skala gaya.

Tabel 15 Base Reaction Gaya Geser Dinamik

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
GEMPA X	LinRespSpec	Max	629004.01	154938.02
GEMPA Y	LinRespSpec	Max	188725.82	516313.27

$$V_{dinamik} x = 629004.01 \text{ kg} > 0,85 V_{statik} = 479989.3 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

$$V_{dinamik} y = 516313.27 \text{ kg} > 0,85 V_{statik} = 479989.3 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Pada perencanaan struktur base isolator ini, kontrol hanya dilakukan pada batas periode dan kontrol terhadap nilai akhir respons spectrum dan periode yang memenuhi digunakan untuk perhitungan desain dimensi *base isolator* pada struktur.

5.2. Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90 dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau model (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1). Dari hasil analisis struktur diketahui partisipasi massa mencapai 90% pada mode ke-6 yaitu untuk partisipasi massa arah X yaitu sebesar 0.925 dan partisipasi massa arah Y yaitu sebesar 0.9052.

Tabel 16 Modal Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.530103	0.00001371	0.833	5.952E-08	0.00001371	0.833
MODAL	Mode	2	1.332754	0.00337	0.00001954	2.996E-09	0.003384	0.833
MODAL	Mode	3	1.235014	0.829	0.00001575	7.867E-08	0.833	0.833
MODAL	Mode	4	0.498456	0.000001347	0.092	0.000008418	0.833	0.925
MODAL	Mode	5	0.435714	0.0005497	5.069E-08	6.566E-10	0.833	0.925
MODAL	Mode	6	0.401636	0.091	0.000001022	1.686E-07	0.925	0.925
MODAL	Mode	7	0.287697	3.976E-07	0.027	0.000002043	0.925	0.952
MODAL	Mode	8	0.253286	0.0004165	0.000001977	4.296E-08	0.925	0.952
MODAL	Mode	9	0.231538	0.027	7.783E-08	2.209E-08	0.952	0.952
MODAL	Mode	10	0.197823	6.958E-07	0.012	0.0000609	0.952	0.964
MODAL	Mode	11	0.17476	0.0001136	6.818E-07	0.000002256	0.952	0.964
MODAL	Mode	12	0.167608	0.0008455	0.00003589	0.00005364	0.953	0.964

5.3. Kontrol Periode Fundamental

Periode getar T merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh satu putaran lengkap dari suatu getaran ketika terganggu dari posisi keseimbangan statis dan kembali ke posisi aslinya. Pasal 7.8.2.1 SNI 1726 2012 menyebutkan bahwa periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dengan persamaan seperti berikut :

$$T_a = C_t h_n^x$$

dimana h_n adalah ketinggian struktur, C_t dan x adalah koefisien yang didapat dari tabel 15 SNI 1726 2012. Gedung ini menggunakan tipe struktur Rangka beton pemikul momen.

Tabel 17 Nilai parameter pendekatan C_t dan x (SNI 1726, 2012)

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa :		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Sesuai tabel diatas maka nilai struktur didapatkan nilai $C_t = 0.0466$ dan $x = 0.9$ serta ketinggian struktur nya adalah 38.25 m, sehingga

$$T_a = C_t h_n^x = 0.0466 \times 38.25^{0,9} = 1.238 \text{ detik}$$

Dengan batas atas perioda yang dihitung sesuai dengan tabel 14 SNI 1726 2012 sebesar:

Tabel 18 Koefisien untuk batas atas periode (SNI 1726, 2012)

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Karena nilai $S_{D1} = 0.3$ maka didapatkan nilai $C_u = 1.4$

$$T_a \cdot C_u = 1.238 \times 1.4 = 1.7332 \text{ detik}$$

Dari permodelan pada SAP didapatkan periode struktur sebesar:

Tabel 19 Periode struktur dan frekuensi

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.530103	0.653550909	4.106381469	16.86236877
MODAL	Mode	2	1.332754	0.75032574	4.714435667	22.22590366
MODAL	Mode	3	1.235014	0.809707191	5.087540325	25.88306656
MODAL	Mode	4	0.498456	2.006195348	12.60529713	158.8935158
MODAL	Mode	5	0.435714	2.295084847	14.42044339	207.9491876
MODAL	Mode	6	0.401636	2.489816101	15.64397595	244.7339834
MODAL	Mode	7	0.287697	3.475873734	21.83955878	476.9663276
MODAL	Mode	8	0.253286	3.948106244	24.80668314	615.3715286
MODAL	Mode	9	0.231538	4.318936179	27.13667634	736.399203
MODAL	Mode	10	0.197823	5.055013406	31.76158596	1008.798343
MODAL	Mode	11	0.17476	5.722126015	35.9531781	1292.631016
MODAL	Mode	12	0.167608	5.966309132	37.48742588	1405.307099

Dari tabel di atas didapatkan hasil $T = 1,53$. Sehingga, berdasarkan kontrol yang sudah dihitung, batas atas yang didapat sebesar 1,73. Menurut persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2 mengenai kontrol waktu geser alami fundamental masih memenuhi syarat.

Maka periode yang digunakan adalah $T = 1.53 \text{ detik}$

5.4. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Kontrol ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana simpangan antar lantai berdasarkan deformasi izin. Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.6 disebutkan bahwa Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana koefisien $C_d = 5,5$ didapatkan dari tabel dengan kategori sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus, δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada analisis elastis output SAP, dan I_e adalah faktor keutamaan gempa yaitu 1,5.

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Menurut SNI 1726 2012 Tabel 16 merupakan simpangan ijin antar lantai.

Tabel 20 Simpangan antar lantai ijin

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

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

^b Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan Pasal 7.12.1.1.

^c Tidak boleh ada batasan simpangan antar lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dari Pasal 7.12.3 tidak diabaikan.

^d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen diantara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

Contoh salah satu pertingan yaitu pada lantai 2. Data simpangan pada lantai 2 diambil dari SAP sebesar 5.22 mm

Untuk maksimum simpangan adalah :

$$\Delta \text{ ijin} = 0,010 h_{sx} = 0,010 \cdot 4 = 40 \text{ mm}$$

Hitung selisih antar lantai :

$$\delta_{xe} \text{ lantai 2} - \delta_{xe} \text{ lantai 1} = 5.22 - 0 = 5.22 \text{ mm}$$

Maka akan didapati simpangan antar lantai adalah

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{5,5 \cdot 5.22}{1,5} = 19.14 \text{ mm}$$

Sehingga $\delta_x < \Delta \text{ ijin}$ maka OK.

Tabel 21 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa X

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
atap	38.25	3.75	27.25	1.77	6.49	37.5	OK
8	34.50	5.00	25.48	2.03	7.44	50	OK
7	29.50	4.00	23.45	2.66	9.75	40	OK
6	25.50	4.00	20.79	3.25	11.92	40	OK
5	21.50	4.00	17.54	3.73	13.68	40	OK
4	17.50	4.00	13.81	4.14	15.18	40	OK
3	13.50	4.00	9.67	4.45	16.32	40	OK
2	9.50	4.00	5.22	5.22	19.14	40	OK
1	5.50	5.50	0.00	0.00	0.00	55	OK

Tabel 22 Evaluasi Simpangan Antar Lantai Gempa Y

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
atap	38.25	3.75	8.18	0.53	1.94	37.5	OK
8	34.50	5.00	7.65	0.61	2.24	50	OK
7	29.50	4.00	7.04	0.80	2.93	40	OK
6	25.50	4.00	6.24	0.97	3.56	40	OK
5	21.50	4.00	5.27	1.12	4.11	40	OK
4	17.50	4.00	4.15	1.24	4.55	40	OK
3	13.50	4.00	2.91	1.34	4.91	40	OK
2	9.50	4.00	1.57	1.57	5.76	40	OK
1	5.50	5.50	0.00	0.00	0.00	55	OK

Kontrol simpangan antar lantai yang pada permodelan *fixed based* sudah memenuhi persyaratan yang diizinkan.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

ANALISA STRUKTUR DENGAN *BASE ISOLATOR*

6.1 Persyaratan Perencanaan Umum

Pada SNI 1726-2012 Pasal 12.2, 12.4.1 dan Pasal 12.4.2 menyatakan persyaratan dan prosedur analisis sistem isolation structure seperti :

1. Ruang Pemeriksaan dan Penggantian (Pasal 12.2.48)
Jalan akses untuk pemeriksaan dan penggantian semua komponen-komponen sistem isolasi harus disediakan.
2. Stabilitas Beban Vertikal (Pasal 12.2.4.6)
Setiap elemen sistem isolasi harus direncanakan agar stabil akibat beban vertical rencana yang mengalami suatu perpindahan horizontal sama dengan perpindahan maksimum total. Analisa fixed struktur dengan dimensi rencana telah memenuhi, dengan melakukan control terhadap simpangan antar lantai dan periode yang terjadi.
3. Ketentuan Prosedur Analisis *Base Isolator* (Pasal 12.4.1)

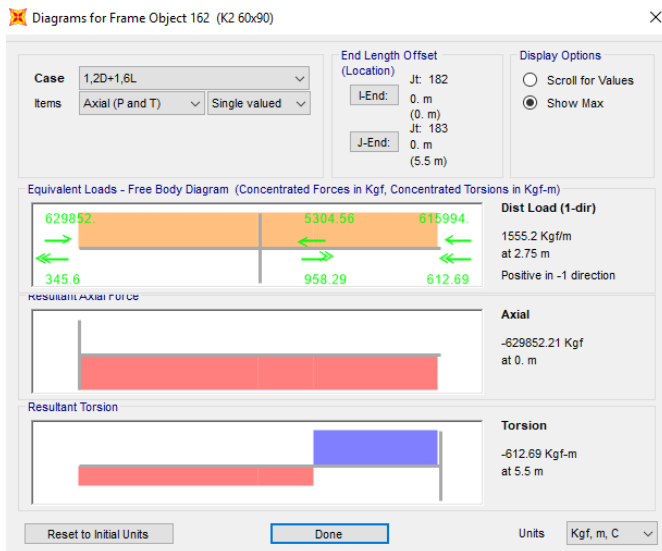
Berdasarkan ketentuan-ketentuan prosedur yang disyaratkan dalam merancang bangunan dengan model base isolator, yakni :

- Struktur terletak di situs dengan S_1 kurang atau sama dengan 0,6g. Pada perencanaan ini sesuai peta gempa kota Malang yaitu $S_1 = 0,3g \leq 0,6g$ maka memenuhi sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012 Pasal 12.4.1
- Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 12.4.1 struktur terletak pada kelas situs SA, SB, SC, atau SD. Sesuai data SPT tes pada bab 4 maka termasuk dalam kelas SD (Tanah Sedang)

- Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 12.4.1, Periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan rencana, TD adalah 3 kali perioda elastis struktur terjepit diatas struktur isolasi. maka:
 $TC = 1.53 \text{ detik}$ (periode fundamental terjadi)
 $TD = 3 \times 1.53 \text{ detik}$
 $= 5.19 \text{ detik}$
 (Periode untuk desain dimensi HDRB (SNI 1726, 2012))

6.2 Perhitungan Dimensi High Damping Rubber Bearing (HDRB)

Hasil analisa fixed based struktur menggunakan aplikasi program bantu SAP diperoleh reaksi terbesar terjadi pada kombinasi pembebanan 1,2D + 1,6L :



Gambar 34 Aksial Kolom terbesar saat fixed based

Sesuai dengan gambar diatas maka diperoleh reaksi terbesar terjadi pada *Frame Object* 162 yaitu sebesar $629852.21 \text{ kg} = 6298.52 \text{ kN} = 6.29852 \text{ MN}$

1. Perhitungan Desain HDRB

Untuk menentukan dimensi base isolator menggunakan kemampuan penampang yang telah ditentukan sesuai brosur base isolator. Dimensi base isolator yang dapat menerima beban aksial kolom yang didapat Sesuai dengan perhitungan dibawah ini (Naeim & Kelly, 1999)

- Modulus shear (G) = $0,620 \text{ N/mm}^2$
- Ketebalan rubber (tr) = 200 mm
- $m = 6.29852 \text{ MN}$
- Nilai kekakuan horizontal base isolation

$$K_H = \frac{m \times \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2}{Pj.bentang} = \frac{6.29852 \times \left(\frac{2\pi}{5.19}\right)^2}{8} = 1.15 \text{ MN/m}$$

- Nilai luasan rubber

$$K_H = \frac{G_t \times A}{tr}$$

$$A = \frac{K_H \times tr}{G_t} = \frac{1.15 \times 0.2}{0.62} = 0.371 \text{ m}^2$$

- Sehingga diperoleh diameter rubber:

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{(4A)}{\pi}} = \sqrt{\frac{(4 \times 0.371)}{\pi}} = 0.6868 \text{ m}$$

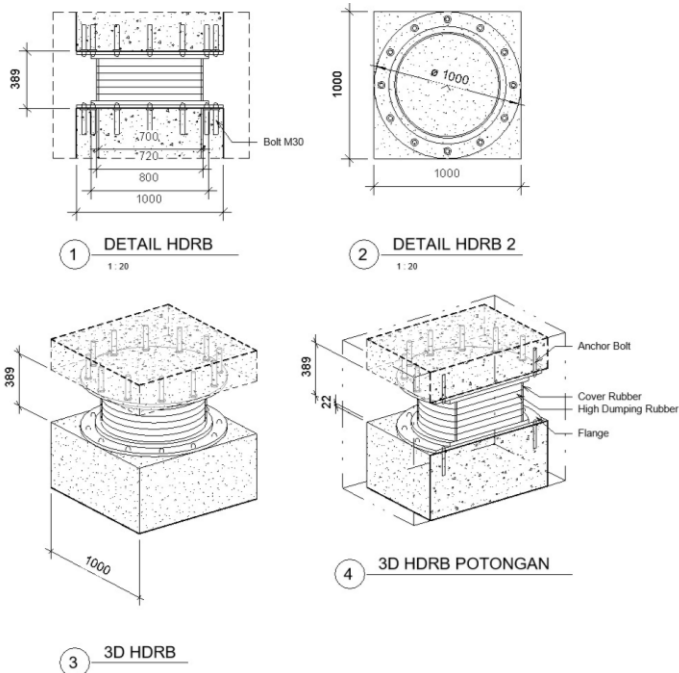
Dari brosur yang digunakan didapat hasil perhitungan dimensi HDRB yaitu tipe HH070X6R dengan spesifikasi dimensi pada point 2.

2. Spesifikasi Dimensi

Properti dimensi yang digunakan adalah pada tipe HH070X6R dengan data sesuai brosur *Bridgestone Design Characteristics Of High Damping Rubber Bearing*.

Tabel 23 Spesifikasi HDRB tipe HH070X6R (Bridgestone, 2017)

HDRB HH070X6R		
Outer Diameter	700	mm
Rubber Height	388.3	mm
Mass	7.9	kN
Area	384700	mm ²
Damping Ratio	0.24	
Initial Stiffnes	6990	kN/m
Postyield Stiff	699	kN/m
Equivalent Stiff	1180	kN/m
Yield Strength	97.3	kN
Compressive Stiff	2660000	kN/m



Gambar 35 Detail HDRB tipe HH070X6R

3. Analisa Struktur Base Isolator

Pada tahap ini dilakukan kembali Analisa struktur sesuai dengan ketentuan sistem base isolator menurut SNI 1726-2012 dengan beberapa ketentuan seperti berikut :

- Reduksi gempa (R) pada SNI 1726-2012 pasal 12.5.4.2 struktur diatas sistem isolasi harus bernilai $3/8$ dari R fixed based namun tidak lebih besar dari 2 dan nilai minimum tidak lebih kecil dari 1. Sehingga $3/8 \times 8 = 3 > 2$ maka digunakan $R = 2$
- Effective Damping Ratio = $0,24 = 24\%$

Tabel 24 Koefisien Redaman B_D atau B_M

Redaman Efektif, β_D atau β_M (persentase dari redaman kritis) ^{a,b}	Faktor B_D atau B_M
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

Untuk redaman effective 24 % maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan B_D atau B_M , maka :

$$B_D \text{ atau } B_M = 1.5 - \left(\frac{24-20}{30-20} \times (1.5 - 1.7) \right) = 1.58$$

Maka digunakan B_D dan B_M sebesar 1.58

Tabel 25 Base Reaction total sumbu Z pada Dead load dan Live load

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	ombinatio	1.73E-08	-8.5E-08	16413705.9

Dari hasil tabel output SAP diatas diperoleh nilai *base reaction* sumbu Z akibat beban gravitasi untuk *Base Isolator* yang dapat dijadikan sebagai total berat mati dan hidup bangunan yaitu sebesar 16413705.9 kg.

- Periode Efektif (SNI 1726-2012 pasal 12.5.3.2)
 D_D = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik pada perpindahan rencana dalam arah yang ditinjau.
 D_M = Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik pada perpindahan maksimum dalam arah yang ditinjau.
- Kekakuan Efektif (Naeim & Kelly, 1999)
 K_{Dmin} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm pada perpindahan rencana diarah horizontal yang ditinjau

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{Dmin} \times g}}$$

$$K_{Dmin} = (2\pi)^2 \frac{W}{T_D^2 \times g}$$

$$K_{Dmin} = (2\pi)^2 \frac{16413.7059 \text{ kN}}{5.19^2 \times 9.81}$$

$$K_{Dmin} = 2440.33766 \text{ kN/m}$$

- Kekakuan Maksimum (Naeim & Kelly, 1999)
 K_{Dmax} = kekakuan efektif minimum sistem isolasi, dalam kN/mm pada perpindahan maksimum diarah horizontal yang ditinjau

Untuk menghitung kekakuan efektif maksimum system isolasi bisa dilakukan dengan asumsi sebesar a + 10 % dari kekakuan minimum yang diperoleh

$$K_{Dmax} = 1.1 \frac{K_{Dmin}}{0.9} = 1.1 \frac{2440.337}{0.9} = 2982.6349 \text{ kN/m}$$

- Perpindahan Rencana (SNI 03-1726-2012 Pasal 12.5.3.1)

Dengan data – data yang sudah ada seperti dibawah:

g = percepatan gravitasi (mm/det²) = 9810 mm/det²

S_{D1} = parameter percepatan spectral rencana = 0.36

T_D = 5.18 detik

B_D = 1.58

Sesuai dengan data yang sudah diketahui maka:

$$D_D = \frac{g S_{D1} T_D}{4 \pi^2 B_D} = \frac{9810 \times 0.36 \times 5.18}{4 \pi^2 \times 1.58} = 293.58 \text{ mm}$$

- Menghitung Gaya Lateral Minimum (SNI 03-1726-2012 Pasal 12.5.4)

Sistem isolasi, pondasi dan semua elemen-elemen struktural dibawah sistem isolasi harus direncanakan untuk menahan gaya gempa lateral minimum, V_b , dengan menggunakan semua persyaratan yang sesuai dengan persamaan berikut :

- Gaya Lateral Minimum Struktur diatas sistem isolasi
Dengan data – data yang sudah ada seperti dibawah:

$$k_{Dmax} = 2982.6349 \text{ kN/m}$$

$$D_D = 293.58 \text{ mm} = 0.294 \text{ m}$$

$$R_1 = 2 \text{ (koefisien numerik Isolation Struktur)}$$

Sehingga

$$V_s = \frac{k_{Dmax} D_D}{R_1} = \frac{2982.6349 \times 0.294}{2} = 437.819 \text{ kN}$$

- Gaya Lateral Minimum Struktur dibawah sistem isolasi

Dengan data – data yang sudah ada seperti dibawah:

$$k_{Dmax} = 2982.6349 \text{ kN/m}$$

$$D_D = 293.58 \text{ mm} = 0.294 \text{ m}$$

Sehingga

$$V_b = k_{Dmax} D_D = 2982.6 \times 0.294 = 875.64 \text{ kN}$$

Untuk pembebanan yang dalam permodelan *base isolator* sama halnya pembebanan dengan

menggunakan *fixed base*, hanya saja ada perubahan terhadap gaya gempa yang terjadi.

Gaya gempa yang diinputkan dalam permodelan dengan menggunakan base isolator adalah menggunakan gaya gempa dengan respons spektrum komposit. Disini yang dimaksud dengan respons spektrum komposit adalah grafik respons spektrum gempa pada umumnya namun ada titik yang kemudian direduksi oleh fungsi dari *base isolator*, titik tersebut merupakan suatu titik periode efektif dari suatu permodelan dengan menggunakan *fixed based*.

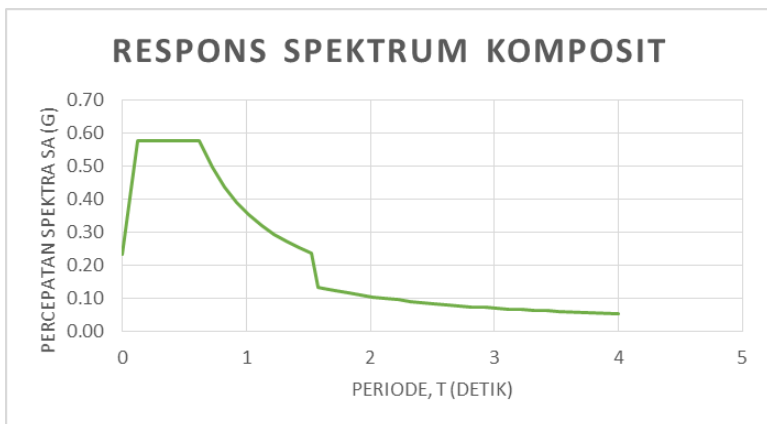
Pada permodelan *fixed based*, periode yang mengalami redaman efektif yakni pada periode (T_c) 1,53 detik terdapat $S_a = 0,21$ (g), kemudian nilai S_a tersebut diolah menjadi (Buckle, Al-Ani, & Monzon, 2011)

$$S_{a_{T=1.53\ s}} = \frac{S_a(g)}{B_D} = \frac{0.21}{1.58} = 0.133$$

Begitu pula untuk periode periode setelah 1,58 detik hingga batas periode akhir gempa respons spektrum yakni, 4 detik. Sehingga periode gempa dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 26 Perhitungan Respon Spektrum Komposit

T (detik)	T (detik)	Sa (g)			
0	0	0.23	Ts+1.3	1.92	0.109
T0	0.12	0.58	Ts+1.4	2.02	0.104
Ts	0.62	0.58	Ts+1.5	2.12	0.099
Ts+0.1	0.72	0.499	Ts+1.6	2.22	0.095
Ts+0.2	0.82	0.438	Ts+1.7	2.32	0.090
Ts+0.3	0.92	0.390	Ts+1.8	2.42	0.087
Ts+0.4	1.02	0.352	Ts+1.9	2.52	0.083
Ts+0.5	1.12	0.321	Ts+2.0	2.62	0.080
Ts+0.6	1.22	0.295	Ts+2.1	2.72	0.077
Ts+0.7	1.32	0.272	Ts+2.2	2.82	0.074
Ts+0.8	1.42	0.253	Ts+2.3	2.92	0.072
Ts+0.9	1.52	0.237	Ts+2.4	3.02	0.069
	1.58	0.133	Ts+2.5	3.12	0.067
Ts+1.0	1.62	0.129	Ts+2.6	3.22	0.065
Ts+1.1	1.72	0.122	Ts+2.7	3.32	0.063
Ts+1.2	1.82	0.115	Ts+2.8	3.42	0.061
			Ts+2.9	3.52	0.060
			4	4	0.053



Gambar 36 Respons Spektrum Komposit dengan redaman 24%

6.3 Kontrol Analisa Base Isolator

1. Kontrol Gaya Geser Dasar

Gaya geser dinamis struktur isolasi pada SNI 1726 – 2012 pasal 12.6.4.2 menyatakan bahwa gaya gempa dinamis tidak boleh diambil kurang dari 80 persen nilai V_s . Sesuai pada SNI 1726 – 2012 pasal 12.6.4.1 menyatakan bahwa gaya gempa dinamis tidak boleh diambil kurang dari 90 persen nilai V_b . Berdasarkan hasil analisa SAP maka didapatkan gaya gempa yang terjadi yaitu

Tabel 27 Base Reaction Gaya Geser Dinamik Base Isolator

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
GEMPA X	LinRespSp	Max	149890.6	43489.6	113.67
GEMPA Y	LinRespSp	Max	44972.84	144946.78	254.44

$$V_{dinamik\ x} = 149890.6\text{ kg} > 0,8 V_s = 35025.55\text{ kg}\quad (\text{OK})$$

$$V_{dinamik\ y} = 144946.8\text{ kg} > 0,8 V_s = 35025.55\text{ kg}\quad (\text{OK})$$

$$V_{dinamik\ x} = 149890.6\text{ kg} > 0,9 V_b = 78807.49\text{ kg}\quad (\text{OK})$$

$$V_{dinamik\ y} = 144946.8\text{ kg} > 0,9 V_b = 78807.49\text{ kg}\quad (\text{OK})$$

Berdasarkan hasil tersebut karena sudah memenuhi persyaratan maka terjadi gaya gempa yang tereduksi (Siagian, Wesli, Chandra, & Akbar, 2018) 76.17% untuk arah gempa X dan 71.93% untuk arah gempa Y sesuai dengan tabel 28.

Tabel 28 Perbandingan V Fixed Based dengan Base Isolator

OutputCase	CaseType	Fixed Based	Base Isolator	Reduksi
Text	Text	Kgf	Kgf	%
GEMPA X	InRespSpe	629004	149890.6	76.17016146
GEMPA Y	InRespSpe	516313.3	144946.8	71.92658248

2. Kontrol Rasio Partisipasi Massa

Untuk mendapatkan hasil analisis struktur yang baik, analisis yang dilakukan harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi minimal 90 dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau model (SNI 03-1726-2012 pasal 7.9.1). Dari hasil analisis struktur pada Tabel 29 yaitu diketahui partisipasi massa mencapai 90% pada mode ke-6 untuk partisipasi massa arah X yaitu sebesar 0.903 dan partisipasi massa arah Y yaitu sebesar 0.902.

Tabel 29 Modal Partisipasi Massa Base Isolator

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	3.684586	2.76E-02	0.893	2.35E-06	2.76E-02	0.893
MODAL	Mode	2	3.559784	0.896	2.99E-05	3.72E-06	0.896	0.893
MODAL	Mode	3	3.287909	0.001632	2.24E-05	8.21E-07	0.897	0.893
MODAL	Mode	4	0.847637	1.62E-04	0.008877	3.18E-03	0.897	0.902
MODAL	Mode	5	0.750829	1.85E-04	5.56E-03	1.02E-04	0.897	0.902
MODAL	Mode	6	0.733228	0.005187	6.93E-05	6.97E-04	0.903	0.902
MODAL	Mode	7	0.438627	8.91E-06	0.000945	9.90E-06	0.903	0.903
MODAL	Mode	8	0.390186	1.79E-02	2.82E-04	6.86E-06	0.903	0.903
MODAL	Mode	9	0.372614	0.0004699	1.91E-05	4.64E-06	0.903	0.903
MODAL	Mode	10	0.295264	4.81E-07	0.000162	1.44E-03	0.903	0.903
MODAL	Mode	11	0.262754	2.67E-03	1.80E-05	4.04E-05	0.903	0.903
MODAL	Mode	12	0.247932	7.54E-02	1.50E-06	8.76E-04	0.903	0.903

3. Kontrol Simpangan Antar Lantai

Kontrol ini digunakan untuk mengetahui sejauh mana simpangan antar lantai berdasarkan deformasi izin. Berdasarkan SNI 1726 2012 pasal 7.8.6 disebutkan bahwa Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e}$$

Berdasarkan SNI pasal 12.5.6 Batas simpangan antar lantai menyatakan bahwa simpangan antar lantai maksimum struktur di atas sistem isolasi tidak boleh melebihi $0,0015h_{sx}$ serta simpangan antar lantai harus dihitung dengan C_d dari sistem isolasi sama dengan factor R_1 maka $C_d = 2$, δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada analisis elastis output SAP, dan I_e adalah faktor keutamaan gempa yaitu 1,5.

Contoh salah satu pertingian yaitu pada lantai 2. Data simpangan pada lantai 2 diambil dari SAP sebesar 5.22 mm

Untuk maksimum simpangan adalah :

$$\Delta \text{ ijin} = 0,015 h_{sx} = 0,015 \cdot 4 = 60 \text{ mm}$$

Hitung selisih antar lantai :

$$\begin{aligned} & \delta_{xe} \text{ lantai 2} - \delta_{xe} \text{ lantai 1} \\ & = 31.40 - 28.90 = 2.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka akan didapati simpangan antar lantai adalah

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{xe}}{I_e} = \frac{2 \cdot 2.5}{1,5} = 3.33 \text{ mm}$$

Sehingga $\delta_x < \Delta \text{ ijin}$ maka OK.

Tabel 30 Simpangan Antar Lantai Gempa X Base Isolator

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu X							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
atap	38.25	3.75	37.60	0.40	0.53	56.25	OK
8	34.50	5.00	37.20	0.50	0.67	75	OK
7	29.50	4.00	36.70	0.70	0.93	60	OK
6	25.50	4.00	36.00	0.90	1.20	60	OK
5	21.50	4.00	35.10	1.00	1.33	60	OK
4	17.50	4.00	34.10	1.30	1.73	60	OK
3	13.50	4.00	32.80	1.40	1.87	60	OK
2	9.50	4.00	31.40	2.50	3.33	60	OK
1	5.50	5.50	28.90	28.90	38.53	82.5	OK
Kontrol Base Isolator				δ_{xe} (mm)	<	D_M	OK

Tabel 31 Simpangan Antar Lantai Gempa Y Base Isolator

Evaluasi Simpangan Antar Lantai pada sumbu Y							
Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Antar Tingkat (m)	δ_e (mm)	δ_{ye} (mm)	δ_y (mm)	Δ ijin (mm)	Ket
atap	38.25	3.75	40.60	0.70	0.93	56.25	OK
8	34.50	5.00	39.90	0.70	0.93	75	OK
7	29.50	4.00	39.20	1.00	1.33	60	OK
6	25.50	4.00	38.20	1.20	1.60	60	OK
5	21.50	4.00	37.00	1.40	1.87	60	OK
4	17.50	4.00	35.60	1.70	2.27	60	OK
3	13.50	4.00	33.90	2.00	2.67	60	OK
2	9.50	4.00	31.90	3.50	4.67	60	OK
1	5.50	5.50	28.40	28.40	37.87	82.5	OK
Kontrol Base Isolator				δ_{ye} (mm)	<	D_M	OK

Sesuai dengan SNI 1726 2012 pasal 12.4.1 (4) bahwa periode efektif struktur dengan isolasi pada perpindahan maksimum, T_M , kurang atau sama dengan 3 detik. Pada tabel 32 untuk periode yang terjadi yaitu sebesar 3.68 detik. Sesuai peraturan karena 3.7 detik > 3 detik, sehingga nilai T_M yaitu 3 detik.

Tabel 32 Perioda Struktur Base Isolator

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cvc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	3.684586	0.271400908	1.705262197	2.907919162
MODAL	Mode	2	3.559784	0.280915915	1.765046752	3.115390037
MODAL	Mode	3	3.287909	0.304144676	1.910997358	3.651910902
MODAL	Mode	4	0.847637	1.179749599	7.41258535	54.94642157
MODAL	Mode	5	0.750829	1.331861714	8.36833395	70.02901311
MODAL	Mode	6	0.733228	1.363832277	8.569210926	73.4313759
MODAL	Mode	7	0.438627	2.279843289	14.32467785	205.1963956
MODAL	Mode	8	0.390186	2.562881787	16.10306119	259.3085796
MODAL	Mode	9	0.372614	2.683740412	16.86243833	284.3418263
MODAL	Mode	10	0.295264	3.386804043	21.2799174	452.8348847
MODAL	Mode	11	0.262754	3.805848126	23.91284903	571.8243486
MODAL	Mode	12	0.247932	4.033360418	25.34235092	642.23475

Sesuai dengan SNI 1726 2012 pasal 12.5.3 yaitu tidak boleh melebihi perpindahan maksimum sistem isolasi, D_M .

Dengan data – data yang sudah ada seperti dibawah:

g = percepatan gravitasi (mm/det²) = 9810 mm/det²

S_{M1} = 0.54 detik

T_M = 3 detik

B_M = 1.58

Sesuai dengan data yang sudah diketahui maka:

$$D_M = \frac{g S_{M1} T_M}{4 \pi^2 B_M} = \frac{9810 \times 0.54 \times 3}{4 \pi^2 \times 1.58} = 255.04 \text{ mm}$$

Dari hasil evaluasi simpangan antar lantai pada gempa X dan gempa Y untuk kontrol base isolator semua hasil perpindahan sudah memenuhi dan tidak melebihi dari nilai perpindahan maksimum (D_M).

4. Dilatasi

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.3 untuk pemisahan struktur direncanakan untuk dapat mengakomodasi terjadinya perpindahan respons inelastic maksimum (δm), dan untuk besaran δm dihitung berdasarkan persamaan berikut ini :

$$\delta_M = \frac{C_d \cdot \delta_{max}}{I_e}$$

Dimana δ_{max} adalah perpindahan elastic maksimum pada lokasi kritis (didapat dari simpangan antar lantai yang paling maksimum)

$$\delta_M = \frac{2 \times 38.53}{1.5} = 51.38 \text{ mm} = 5.138 \text{ cm}$$

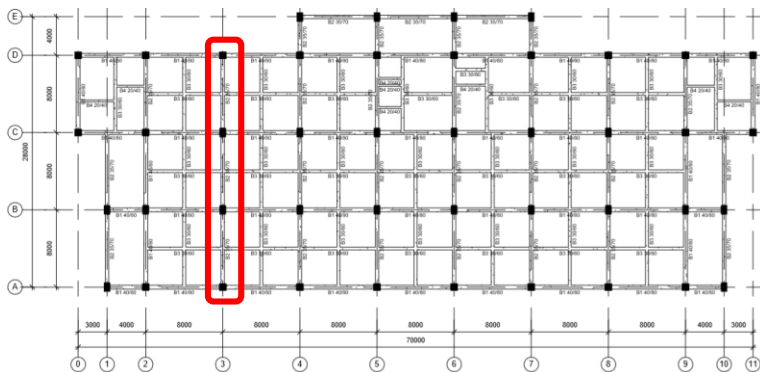
Dari persamaan diatas untuk perencanaan dilatasi dilakukan sebesar 6 cm.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

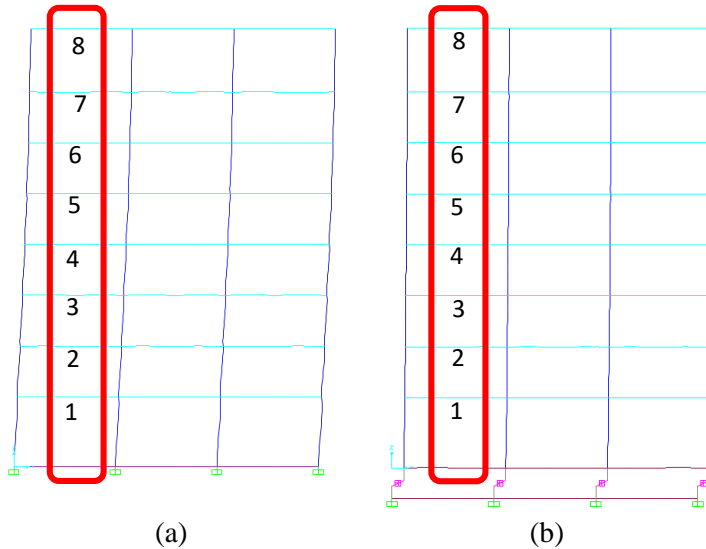
BAB VII

ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR *FIXED BASED* DENGAN *BASE ISOLATOR*

Hasil analisa perbandingan gaya dalam yang terjadi dengan dimensi eksisting antara struktur *Fixed Based* maupun struktur dengan *Base Isolator*, dilakukan setelah mendapatkan *Output Gaya* dari masing – masing struktur. Gambar 37 merupakan denah pembalokan eksisting, yang selanjutnya akan ditinjau dengan portal pada As ke-3. Gambar 38 menjelaskan hasil *displacement* yang berbeda masing – masing (a) struktur *Fixed Based* maupun (b) struktur dengan *Base Isolator* pada titik elemen yang sama.



Gambar 37 Denah Pembalokan Eksisting



Gambar 38 Portal Melintang As-3 (a) struktur *Fixed Based*,
(b) struktur dengan *Base Isolator*

Tabel 33 Hasil perbandingan gaya dalam lentur antara struktur *Fixed Based* maupun struktur dengan *Base Isolator*

Tipe Balok	Tabel Hasil Portal			<i>Fixed Based</i>	<i>Base Isolator</i>	Reduksi (%)
	L (mm)	b (mm)	h (mm)	momen (kgf.m)	momen (kgf.m)	
lt.1	8000	400	800	56107.72	29180.42	47.9921
lt.2				53894.73	26212.22	51.364
lt.3				50160.39	24984.2	50.1914
lt.4				46054.3	23794.74	48.3333
lt.5				41413.48	22411.81	45.8828
lt.6				36040.2	21788.72	39.5433
lt.7				31548.78	20947.85	33.6017
lt.8				17682.88	12143.8	31.3245
lt.atap				14108.3	11688.65	17.1505
Rata-rata reduksi momen yang terjadi pada <i>Base Isolator</i> (%)						40.5982

Tabel 34 Hasil perbandingan gaya dalam geser antara struktur Fixed Based maupun struktur dengan Base Isolator

Tipe Balok	Tabel Hasil Portal			Fixed Based	Base Isolator	Reduksi (%)
	L	b	h	geser (kgf)	geser (kgf)	
	(mm)	(mm)	(mm)			
lt.1	8000	400	800	29180.42	16143.22	44.6779
lt.2				26212.22	14989.68	42.8142
lt.3				24984.2	14708.7	41.128
lt.4				21174.39	14423.8	31.8809
lt.5				19771.01	14071.63	28.827
lt.6				18063.85	13561.02	24.9273
lt.7				17908	11841.85	33.874
lt.8				9687.77	8527.93	11.9722
lt.9				8858.99	7557.01	14.6967
Rata-rata reduksi geser yang terjadi pada Base Isolator (%)						30.5331

Sesuai dengan hasil perbandingan Tabel 33 dan Tabel 34 struktur *Fixed Based* maupun struktur dengan *Base Isolator* keduanya menghasilkan gaya dalam yang berbeda. Hasil *Output* gaya pada kedua tabel yang menggunakan *Base Isolator* akan menghasilkan momen maupun geser lebih kecil dibandingkan dengan struktur *Fixed Based*. Berdasarkan hasil tersebut maka rata – rata reduksi momen (kgf.m) yang terjadi pada struktur dengan *Base Isolator* yaitu sebesar 40,6% dan rata – rata reduksi geser (kgf) yang terjadi pada struktur dengan *Base Isolator* yaitu sebesar 30,5%.

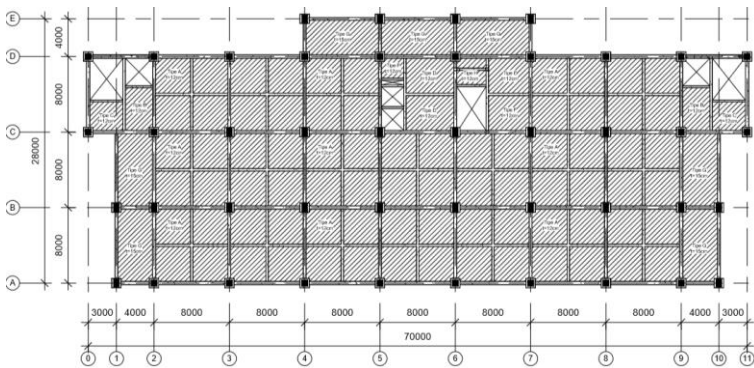
“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

7.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan pada Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) ini berdasarkan perbedaan dari beban yang diterima oleh tiap pelat.



Gambar 39 Denah Pelat Lt. 1- 8

7.1.1 Pembebanan Pelat Lantai

Pembebanan pelat dibagi berdasarkan beban yang diterima oleh tiap lantai berdasarkan fungsi ruang dari lantai tersebut.

1. Pelat Lantai 1

Beban yang bekerja pada pelat lantai dasar terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

- **Beban Mati**

Berat sendiri pelat (2360×0.12) = 283 Kg/m²

Spesi = 42 Kg/m²

Tegel = 16.5 Kg/m²

Plafond = 9.2 Kg/m²

Partisi Plafond	= 16.8 Kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25 Kg/m ²
<u>Partisi</u>	<u>= 40 Kg/m²</u>
Beban Mati Total (qD)	= 453 Kg/m ²

- Beban Hidup (qL)
Beban hidup perkantoran = 240 Kg/m²

- Kombinasi Pembebanan

$$Q_u = 1.2q_D + 1.6q_L$$

$$= 1.2 (453 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (240 \text{ Kg/m}^2)$$

$$= 927 \text{ Kg/m}^2$$

2. Pelat Lantai 2-6

Beban yang bekerja pada pelat lantai dasar terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL).

- Beban Mati
 Berat sendiri pelat (2360x0.12) = 283 Kg/m²
 Spesi = 42 Kg/m²
 Tegel = 16.5 Kg/m²
 Plafond = 9.2 Kg/m²
 Partisi Plafond = 16.8 Kg/m²
 Ducting Plumbing = 25 Kg/m²
Partisi = 40 Kg/m²
 Beban Mati Total (qD) = 453 Kg/m²

- Beban Hidup (qL)
Beban hidup ruang kelas = 192 Kg/m²

- Kombinasi Pembebanan

$$Q_u = 1.2q_D + 1.6q_L$$

$$= 1.2 (453 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (192 \text{ Kg/m}^2)$$

$$= 850 \text{ Kg/m}^2$$

3. Pelat Lantai 7-8

Beban yang bekerja pada pelat lantai dasar terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL).

- **Beban Mati**

Berat sendiri pelat (2360x0.12)	= 283 Kg/m ²
Spesi	= 42 Kg/m ²
Tegel	= 16.5 Kg/m ²
Plafond	= 9.2 Kg/m ²
Partisi Plafond	= 16.8 Kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25 Kg/m ²
<u>Partisi</u>	<u>= 40 Kg/m²</u>
Beban Mati Total (qD)	= 453 Kg/m ²

- **Beban Hidup (qL)**

Beban hidup ruang pertemuan = 479 Kg/m²

- **Kombinasi Pembebanan**

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2q_D + 1.6q_L \\ &= 1.2 (453 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (479 \text{ Kg/m}^2) \\ &= 1395 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

4. Pelat Lantai Atap

Beban yang bekerja pada pelat lantai dasar terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL).

- **Beban Mati**

Berat sendiri pelat (2360x0.12)	= 283 Kg/m ²
Spesi	= 42 Kg/m ²
Tegel	= 16.5 Kg/m ²
Plafond	= 9.2 Kg/m ²
Partisi Plafond	= 16.8 Kg/m ²
Ducting Plumbing	= 25 Kg/m ²
<u>Partisi</u>	<u>= 40 Kg/m²</u>
Beban Mati Total (qD)	= 453 Kg/m ²

- **Beban Hidup (qL)**

$$\text{Beban hidup atap} = 96 \text{ Kg/m}^2$$

- Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2q_D + 1.6q_L \\ &= 1.2 (453 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (96 \text{ Kg/m}^2) \\ &= 697 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

7.1.2 Perhitungan Pelat Lantai 1 Tipe A

Data – data yang diketahui

$$\begin{aligned} f_c' &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \\ l_x &= 4000 \text{ mm} \\ l_y &= 4000 \text{ mm} \\ \text{Tebal Pelat} &= 120 \text{ mm} \\ l_y/l_x &= 1 < 2 \text{ (maka Pelat Dua Arah)} \end{aligned}$$

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times \frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}}) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

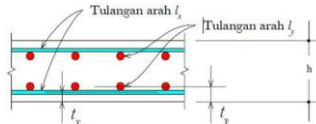
(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\circ \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

Tinggi Efektif



Gambar 40 Tinggi Efektif Pelat

$$h = 120 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$ts \text{ (SNI 03-2874-2013 Pasal 7.7.1)} = 20 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 10 \text{ mm}$$

$$dx = h - ts - \emptyset/2$$

$$= 120 - 20 - (10/2) = 95 \text{ mm}$$

$$dy = h - ts - \emptyset - \emptyset/2$$

$$= 120 - 20 - 10 - (10/2) = 85 \text{ mm}$$

Untuk tipe pelat dua arah momen yang terjadi dihitung menggunakan koefisien PBI pada Tabel 13.3.1 PBI 1971

$$M = 0,001 \text{ qu Ix}^2 \text{ X}$$

Nilai X :

$$\text{Tumpuan x (Tx)} = 52$$

$$\text{Lapangan x (Lx)} = 21$$

$$\text{Tumpuan y (Ty)} = 52$$

$$\text{Lapangan y (Ly)} = 21$$

Maka, momen – momen yang terjadi:

$$\begin{aligned} \text{MTx} &= + 0,001 \times 927 \text{ kg/m}^2 \times 16 \times 52 \\ &= 771 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MLx} &= + 0,001 \times 927 \text{ kg/m}^2 \times 16 \times 21 \\ &= 312 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MT_y &= +0,001 \times 927 \text{ kg/m}^2 \times 16 \times 52 \\
 &= 771 \text{ kg.m} \\
 ML_y &= +0,001 \times 927 \text{ kg/m}^2 \times 16 \times 21 \\
 &= 312 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

➤ **Tulangan Tumpuan X**

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{7714636.8}{0.8} = 9643296 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{9643296 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 1.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 1.07}{390}} \right) = 0.0027997$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max},$$

$$0.0035897 > 0.0027997 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{min}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{min}} = 0.0035897 \times 1000 \times 95 = 341 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 200$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}\right) = 393 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_{s_{pakai}} > A_{s_{min}}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450\text{mm}$$

$$s \leq 3(120) \text{ atau } 2(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 360 \text{ mm atau } 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\mathbf{\varnothing 10 - 200 \text{ mm}}$

➤ **Tulangan Lapangan X**

$$Mn = \frac{Mtx}{\varphi} = \frac{3115526.4}{0.8} = 3894408 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{3894408 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.43}{390}} \right) = 0.00111597$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 > 0.00111597 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 95 = 341 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\mathbf{\varnothing 10 - 200}$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \varnothing^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}\right) = 393 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$s \leq 3h$ atau $2h$ atau 450mm

$s \leq 3(120)$ atau $2(120)$ atau 450 mm

$s \leq 360\text{ mm}$ atau 240 mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai **Ø10 – 200 mm**

➤ **Tulangan Pembagi arah X**

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0.0018 \times 420}{f_y} = 0.0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0019 \times 1000 \times 85 = 165\text{ mm}^2$$

Tulangan pakai Ø10 – 450

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000\text{ mm}}{450\text{ mm}}\right) = 175\text{ mm}^2$$

Cek : A_s pakai $>$ A_s min (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$s \leq 5h$ atau 450mm

$s \leq 5(120)$ atau 450 mm

$s \leq 600\text{ mm}$ atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai **Ø10 – 450 mm**

➤ **Tulangan Tumpuan Y**

$$M_n = \frac{M_{tx}}{\phi} = \frac{7714636.8}{0.8} = 9643296\text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{9643296\text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 1.07\text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 1.07}{390}} \right) = 0.0027997$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 > 0.0027997 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 95 = 341 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 200$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}\right) = 393 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(120) \text{ atau } 2(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 360 \text{ mm atau } 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

➤ **Tulangan Lapangan Y**

$$Mn = \frac{Mtx}{\phi} = \frac{3115526.4}{0.8} = 3894408 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{3894408 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0.43 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.43}{390}} \right) = 0.00111597$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 > 0.00111597 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 95 = 341 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 200$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}}\right) = 393 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(120) \text{ atau } 2(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 360 \text{ mm atau } 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

➤ Tulangan Pembagi arah Y

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0.0018 \times 420}{f_y} = 0.0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0019 \times 1000 \times 85 = 165 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 450$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{450 \text{ mm}}\right) = 175 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min (OK)}$

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 5(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\emptyset 10 - 450 \text{ mm}$

- Kontrol Kapasitas Lentur

a. Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{393 \times 390}{0.85 \times 30 \times 1000} = 6,01 \text{ mm}$$

b. Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral
Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 7,51 \text{ mm}$$

c. Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d_x}{c} - 1\right) = 0,035$$

Dipakai $\emptyset = 0,9$

$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= \emptyset \times A_s \times f_y \times (d_x - 0,5a) \\ &= 12680626.2 \text{ Nmm} \\ &= 12.7 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 12.7 \text{ kNm} > M_u = 7.715 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

- **Kontrol Persyaratan Penulangan**

a. Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$f'_c = 1 \times f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'_c} \\ = 3.396 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 144000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 8150111.66 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 7715 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 75907070,27 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

b. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan untuk pelat lantai adalah L/240 menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{4000}{240} = 17 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,000000008 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,000000008 \text{ mm} \leq L/240 = 17 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

7.2.1 Perhitungan Pelat Lantai 1 Tipe G

Data – data yang diketahui

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$l_x = 4000 \text{ mm}$$

$$l_y = 8000 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 120 \text{ mm}$$

$$l_y/l_x = 2 \geq 2 \text{ (maka Pelat Satu Arah)}$$

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times (\frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}})) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\circ \rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\circ \rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\circ \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

Momen yang terjadi pada pelat

$$M_{+(lap)} = \frac{qu \times Lx^2}{12} = \frac{803 \times 8^2}{12} = 1071 \text{ kg.m}$$

$$M_{-(tump)} = \frac{qu \times Lx^2}{24} = \frac{803 \times 8^2}{24} = 535.4 \text{ kg.m}$$

➤ **Tulangan Tumpuan**

$$M_n = \frac{Mt}{\phi} = \frac{10710000 \text{ Nmm}}{0.8} = 10707200 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10707200 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 1.483 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 1.483}{390}} \right) = 0,00392$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} ,$$

$$0,0035897 > 0,00392 < 0,02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ min maka dipakai

$$\rho_{min} = 0,00392$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0,003592 \times 1000 \times 95 = 372 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 150$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s} \right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \right) = 524 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(120) \text{ atau } 2(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 360 \text{ mm atau } 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

➤ Tulangan Pembagi

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0,0018 \times 420}{fy} = 0,0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0019 \times 1000 \times 95 = 184 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 10 - 300$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}\right) = 262 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min (OK)}$

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 5(120) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\emptyset 10 - 300 \text{ mm}$

- Kontrol Kapasitas Lentur & Geser

Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{524 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 8,01 \text{ mm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral

Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c =$

30 Mpa dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 10,01 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1\right) = 0,0345$$

Dipakai $\emptyset = 0,9$

$$\emptyset M_n = \emptyset \times A_s \times f_y \times (dx - 0,5a)$$

$$= 22237030 \text{ Nmm}$$

$$= 22.2 \text{ kNm}$$

$$\emptyset M_n = 22.2 \text{ kNm} > M_u = 11.84 \text{ kNm (OK)}$$

Kontrol Persyaratan Penulangan

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$f_r'c = 1 \times f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f'c} \\ = 3.396 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 281250000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r'c \times I}{c} = 95413930 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 11840000 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 95413930 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lentutan

Batas Lentutan untuk pelat lantai adalah L/240 menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{4000}{240} = 17 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,000000009 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,000000009 \text{ mm} \leq L/240 = 17 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

7.2.1 Panjang Penyaluran

Untuk $d_b = 10 \text{ mm}$ (diameter tulangan yang dipakai) Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 21.7.5.1 untuk panjang penyaluran pelat minimal :

- $8d_b = 80 \text{ mm}$
- 150 mm
- $0,24 \times f_y \times (f_c'^{0,5})/d_b = 51 \text{ mm}$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar = 150 mm

7.2.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat

➤ Rekapitulasi Penulangan Pelat Lt.1

Tabel 35 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.1

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT DUA ARAH Lt.1										
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang Arah X			Tulangan terpasang Arah Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx (mm)	Ly (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A	120	4000	4000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
B	120	3050	4700	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
C	120	3380	3650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
D	120	4000	5000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
E	120	4000	4200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
F	120	2200	2650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-240	Ø10-450	150 mm

Tabel 36 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.1

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT SATU ARAH Lt.1						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
G	120	4000	8000	Ø10-150	Ø10-300	150 mm
H	120	1150	2950	Ø10-200	Ø10-400	150 mm

➤ Rekapitulasi Penulangan Pelat Lt.2-6

Tabel 37 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.2-6

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT DUA ARAH Lt.2-6										
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang Arah X			Tulangan terpasang Arah Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx (mm)	Ly (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A	120	4000	4000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
B	120	3050	4700	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
C	120	3380	3650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
D	120	4000	5000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
E	120	4000	4200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
F	120	2200	2650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm

Tabel 38 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.2-6

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT SATU ARAH Lt.2-6						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
G	120	4000	8000	Ø10-150	Ø10-300	150 mm
H	120	1150	2950	Ø10-200	Ø10-400	150 mm

➤ Rekapitulasi Penulangan Pelat Lt.7-8

Tabel 39 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.7-8

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT DUA ARAH Lt.7-8										
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang Arah X			Tulangan terpasang Arah Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A	150	4000	4000	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-300	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-300	150 mm
B	120	3050	4700	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	150 mm
C	120	3380	3650	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	150 mm
D	120	4000	5000	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	150 mm
E	120	4000	4200	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	150 mm
F	120	2200	2650	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	Ø10-150	Ø10-150	Ø10-350	150 mm

Tabel 40 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.7-8

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT SATU ARAH Lt.7-8						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
G	120	4000	8000	Ø10-150	Ø10-300	150 mm
H	120	1150	2950	Ø10-200	Ø10-400	150 mm

➤ Rekapitulasi Penulangan Pelat Lt.Atap

Tabel 41 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah Lt.Atap

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT DUA ARAH Lt.Atap										
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang Arah X			Tulangan terpasang Arah Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A	120	4000	4000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
B	120	3050	4700	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
C	120	3380	3650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
D	120	4000	5000	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
E	120	4000	4200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm
F	120	2200	2650	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-450	150 mm

Tabel 42 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah Lt.Atap

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT SATU ARAH Lt.Atap						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
G	120	4000	8000	Ø10-150	Ø10-300	150 mm
H	120	1150	2950	Ø10-200	Ø10-400	150 mm

➤ Rekapitulasi Penulangan Pelat Lt.Basement

*Tabel 43 Rekapitulasi Penulangan Pelat Dua Arah
Lt.Basement*

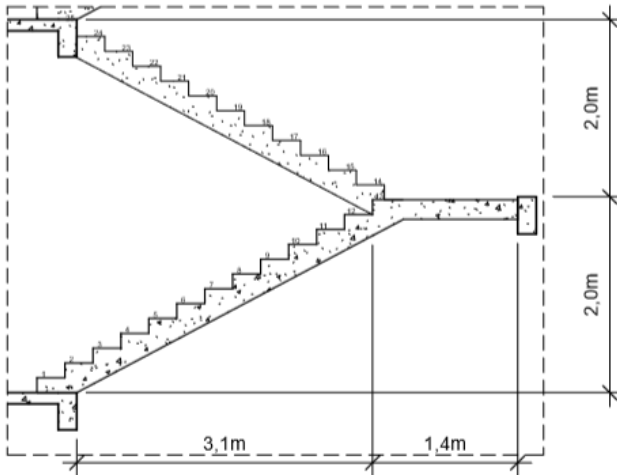
REKAPITULASI PENULANGAN PELAT DUA ARAH Lt.Basement										
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang Arah X			Tulangan terpasang Arah Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx (mm)	Ly (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	Tulangan Tumpuan (mm)	Tulangan Lapangan (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A'	300	4000	4000	D13-150	D13-150	D13-300	D13-150	D13-150	D13-300	150 mm

*Tabel 44 Rekapitulasi Penulangan Pelat Satu Arah
Lt.Basement*

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT SATU ARAH Lt.Basement						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
A''	300	1400	8000	D13-150	D13-300	150 mm

7.2 Perhitungan Pelat Tangga dan Bordes

Pada perencanaan struktur tangga Gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM), terdapat tiga area tangga. Perencanaan tulangan tangga tak berbeda jauh dengan perencanaan penulangan pelat satu arah yang terdiri dari tulangan utama dan tulangan pembagi/susut. Desain tangga dibuat dengan kemiringan per pelat tangga kisaran $25^\circ > \alpha < 40^\circ$ dengan tinggi injakan anak tangga kisaran 17 cm – 18 cm sehingga pengguna tangga akan nyaman dalam beraktifitas naik dan turun per lantainya.



Gambar 41 Sketsa Potongan Perencanaan Tangga Area 1

Data Perencanaan:

Tipe Tangga	= Area 1
f_c'	= 30 MPa
f_y	= 390 MPa
Lebar pelat injak	= 300 mm
Tinggi pelat injak	= 180 mm
Panjang Bordes	= 2950 mm
Lebar Bordes	= 1750 mm
Tinggi Tangga	= 2000 mm
Lebar Tangga	= 1350 mm
Panjang Miring Tangga	= 3689 mm
Tebal Pelat Tangga	= 200 mm
Tebal Pelat Bordes	= 210 mm

7.2.1 Pembebanan Pelat Tangga dan Bordes

Beban yang bekerja pada pelat tangga terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (q_D) dan beban hidup (q_L).

- **Beban Mati**
 Berat sendiri pelat (2360x0.2) = 472 Kg/m²
 Spesi = 42 Kg/m²
 Tegel = 24 Kg/m²
 Berat Susuran = 75.1 Kg/m²
Berat anak tangga = 432 Kg/m²
 Beban Mati Total (qD) = 1045 Kg/m²
- **Beban Hidup (qL)**
 Beban hidup SNI - 1727 - 2013 Pasal 4.5.4= 300 Kg/m²
- **Kombinasi Pembebanan**
 $q_1 = 1.2q_D + 1.6q_L$
 $= 1.2 (1045 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (300 \text{ Kg/m}^2)$
 $= 1734 \text{ Kg/m}^2$

Beban yang bekerja pada pelat bordes terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL).

- **Beban Mati**
 Berat sendiri pelat (2360x0.2) = 504 Kg/m²
 Spesi = 42 Kg/m²
 Tegel = 24 Kg/m²
Berat Susuran = 75.1 Kg/m²
 Beban Mati Total (qD) = 645 Kg/m²
- **Beban Hidup (qL)**
 Beban hidup SNI - 1727 - 2013 Pasal 4.5.4= 300 Kg/m²
- **Kombinasi Pembebanan**
 $q_2 = 1.2q_D + 1.6q_L$
 $= 1.2 (645 \text{ Kg/m}^2) + 1.6 (300 \text{ Kg/m}^2)$
 $= 1245.07 \text{ Kg/m}^2$

Karena ukuran tinggi dan lebar pelat tangga sama maka ditinjau salah satunya.

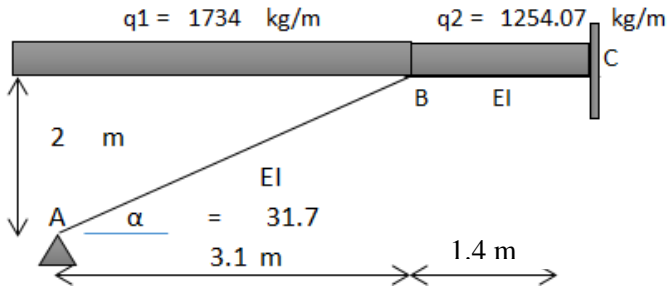
$$Z = y/x = 2\text{ m} / 3.1\text{ m} = 0.65$$

Sesuai dengan koefisien kemiringan untuk $Z = 0.44 - 1$ maka memiliki kemiringan α $24^\circ - 45^\circ$

Maka interpolasi dengan $z = 0.65$ yaitu $\alpha = 31.7^\circ$

Syarat kemiringan tangga:

$$25^\circ < \alpha < 40^\circ = 25^\circ < 31.7^\circ < 40^\circ \text{ (Memenuhi)}$$



Gambar 42 Sketsa pembebanan pada tangga area 1

Metode Cross

$$\mu_{BA} : \mu_{BC} = \frac{4 EI}{3.689} : \frac{4 EI}{1.4} = 1.084 EI : 2.857 EI$$

$$\mu_{BA} = \frac{1.084 EI}{1.084 EI + 2.857 EI} = 0.275$$

$$\mu_{BC} = \frac{2.857 EI}{1.084 EI + 2.857 EI} = 0.725$$

$$\text{Kontrol : } \mu_{BA} + \mu_{BC} = 0.32 + 0.68 = 1 \text{ (OK)}$$

Momen Primer

$$MF_{BA} = -\frac{1}{8} \times q_1 \times 3.689^2 = -2950.0905 \text{ Kg.m}$$

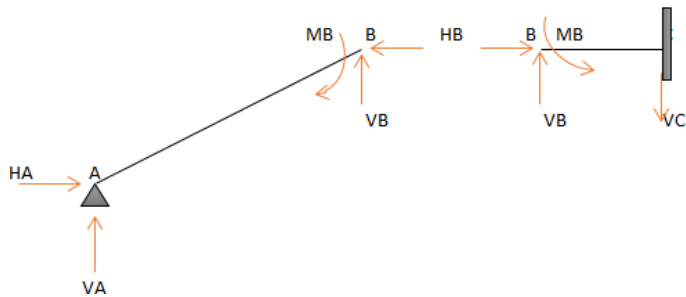
$$MF_{BC} = -\frac{1}{8} \times q_2 \times 1.75^2 = 307.24772 \text{ Kg.m}$$

Tabel 45 Momen Cross Tangga

TITIK	A	B		C
Batang	AB	BA	BC	CB
FD	0	-0.275093793	-0.724906207	0
MF		-2950.090521	307.2477164	
MD		727.0296514	1915.813153	
MI	0	0	0	0
MA	0	-2223.060869	2223.060869	0

Kontrol momen akhir pada tabel cross

$$\sum M. \text{ Akhir} = -2223.0609 + 2223.0609 = 0$$



Gambar 43 Reaksi momen yang terjadi

$$\sum M_C = 0$$

$$0 = V_B \times 1.75 - ((1/2 \times q_2) \times 1.75^2) - 2223.1$$

$$V_B = 2465.75124 \text{ Kg/m}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$0 = (-H_B \times 2) - 2223.1 - (V_B \times 3.1) + ((1/2 \times q_1) \times 3.1^2)$$

$$H_B = 9099.553585 \text{ Kg/m}$$

$$\sum H = 0$$

$$0 = H_A - H_B$$

$$H_A = 9099.553585 \text{ Kg/m}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$0 = HA - HC$$

$$HA = 9099.553585 \text{ Kg/m}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$0 = (VA \times 3.1) - (HA \times 2) - ((1/2 \times q1) \times 3.1^2) + 2223.1$$

$$VA = 7841.37541 \text{ Kg/m}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$0 = (-VC \times 1.75) - ((1/2 \times q2) \times 1.75^2) - 2223.1$$

$$VC = -710.05 \text{ Kg/m}$$

Mencari jarak dan momen max pada batang AB

$$D_x = 0$$

$$0 = (VA \cdot \cos \alpha) - (HA \cdot \sin \alpha) - (q1 \cdot \cos \alpha \cdot X1)$$

$$X1 = 1.28 \text{ m}$$

$$M_{\max} = (VA \cdot \cos \alpha \cdot X1) - (HA \cdot \sin \alpha \cdot X1)$$

$$- (1/2 \cdot q1 \cdot \cos \alpha \cdot X1^2)$$

$$= (7841 \cdot 0,851 \cdot 1,28) - (9099,6 \cdot 0,525 \cdot 1,28)$$

$$- (1/2 \cdot 1734 \cdot 0,851 \cdot 1,28^2)$$

$$= 1212 \text{ Kg.m}$$

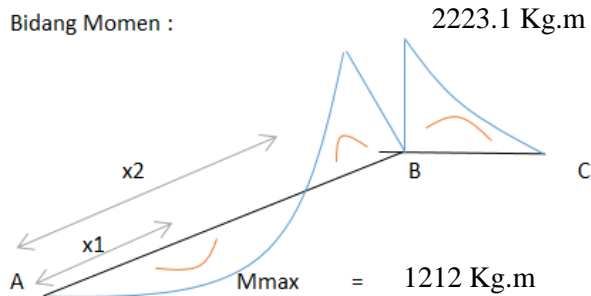
Mencari jarak x2 untuk M = 0 pada batang AB

$$M = 0$$

$$0 = (VA \cdot \cos \alpha \cdot X2) - (HA \cdot \sin \alpha \cdot X2) - (1/2 \cdot q1 \cdot \cos \alpha \cdot X2^2)$$

$$0 = -737.7 X2^2 + 1891.308 X2$$

Dengan persamaan maka didapatkan $X2 = 2.564 \text{ m}$



Gambar 44 Bidang Momen yang terjadi

Maka pada balok AB

Momen Tumpuan = 1212.171 Kg.m

Momen Lapangan = 2223.061 Kg.m

Maka pada balok BC

Momen pada titik B = 2223.061 Kg.m

Dari hasil perhitungan mekanika teknik tangga, selanjutnya Momen tangga diambil terbesar, yaitu = 2223.061 Kg.m, sedangkan momen pada bordes diambil 2223.061 Kg.m, kemudian akan digunakan dalam hitungan analisa penulangan pelat.

7.2.2 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – data yang diketahui

f_c' = 30 MPa

f_y = 390 MPa

l_x = 1350 mm

l_y = 3689 mm

Tebal Pelat = 200 mm

l_y/l_x = 2.73 \geq 2 (maka Pelat Satu Arah)

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7

MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05x(\frac{30 MPa}{28 MPa})) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 MPa}{0.85 \times 30 MPa} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\circ \rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\circ \rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 MPa} \left(\frac{600}{600 + 390 MPa} \right) = 0.03156$$

$$\circ \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

Momen pada pelat tangga = 2155.387 Kg.m

➤ Tulangan Tumpuan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{22230608 Nmm}{0.8} = 27788260.9 Nmm$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{27788260.9 Nmm}{1000 \times 174^2} = 0.9178 N/mm^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.91}{390}} \right) = 0.002397$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 > 0,002397 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ min maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 174 = 624.6 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 12 - 150$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) = 754 \text{ mm}^2$$

Cek : As pakai $>$ As min (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(200) \text{ atau } 2(200) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 600 \text{ mm atau } 400 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai **$\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$**

➤ **Tulangan Pembagi**

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0.0018 \times 420}{f_y} = 0.0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0.0019 \times 1000 \times 174 = 337.3 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 12 - 300$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} \right) = 377 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_{s_{pakai}} > A_{s_{min}}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan
(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$s \leq 5h$ atau 450mm

$s \leq 5(200)$ atau 450 mm

$s \leq 1000$ mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai **Ø12 – 300 mm**

- Kontrol Kapasitas Lentur & Geser

Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{754 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 11,53 \text{ mm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral
Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c = 30$ Mpa dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 14,41 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{d_x}{c} - 1 \right) = 0,0332$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (d_x - 0,5a) \\ &= 44522819,2 \text{ Nmm} \\ &= 44,52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 44,52 \text{ kNm} > M_u = 22,23 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Persyaratan Penulangan

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$F''_c = 1 \times f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} Fr &= 0,62\lambda\sqrt{f''c} \\ &= 3.396 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 6666666666.7 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 157059967.7 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 22230609 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 157059967.7 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lentutan

Batas Lentutan untuk pelat lantai adalah L/240 menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{1350}{240} = 6 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,00000000015 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,00000000015 \text{ mm} \leq L/240 = 6 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

7.2.3 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

Data – data yang diketahui

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$l_x = 1400 \text{ mm}$$

$$l_y = 2950 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Pelat} = 210 \text{ mm}$$

$$l_y/l_x = 2.11 \geq 2 \quad (\text{maka Pelat Satu Arah})$$

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times (\frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}})) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

Momen pada pelat tangga = 2223.061 Kg.m

➤ **Tulangan Tumpuan**

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2223.061 \text{ Nmm}}{0.8} = 27788260.9 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{27788260.9 \text{ Nmm}}{1000 \times 184^2} = 0.820778 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.82}{390}} \right) = 0.00214$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$,

$0.0035897 > 0.00214 < 0.02367$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$\rho_{min} = 0.0035897$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 184 = 660.5 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 12 - 150$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) = 754 \text{ mm}^2$$

Cek : $As \text{ pakai} > As \text{ min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan
(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$s \leq 3h$ atau $2h$ atau 450 mm

$s \leq 3(210)$ atau $2(220)$ atau 450 mm

$s \leq 620 \text{ mm}$ atau 420 mm atau 450 mm

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai **$\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$**

➤ Tulangan Pembagi

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0.0018 \times 420}{f_y} = 0.0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As = \rho \times b \times d$$

$$As = 0.0019 \times 1000 \times 184 = 356.7 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai $\emptyset 12 - 300$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}\right) = 377 \text{ mm}^2$$

Cek : $As \text{ pakai} > As \text{ min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan
(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 5h \text{ atau } 450\text{mm}$$

$$s \leq 5(210) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 1050 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, jadi dipakai $\varnothing 12 - 300 \text{ mm}$

- Kontrol Kapasitas Lentur & Geser

Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{754 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 11,53 \text{ mm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral

Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 14,41 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,0353$$

Dipakai $\varnothing = 0,9$

$$\varnothing M_n = \varnothing \times A_s \times f_y \times (dx - 0,5a)$$

$$= 47169296,9 \text{ Nmm}$$

$$= 47,169 \text{ kNm}$$

$$\varnothing M_n = 47,169 \text{ kNm} > M_u = 22,23 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Persyaratan Penulangan

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$F_r'c = 1 \times f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \\ = 3,396 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 771750000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{F_r \times I}{c} = 181816545,1 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 21130,61 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 157059967.7 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lentutan

Batas Lentutan untuk pelat lantai adalah $L/240$ menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{1400}{240} = 6 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,00000000008 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,00000000008 \text{ mm} \leq L/240 = 6 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

7.2.4 Panjang Penyaluran

Untuk $d_b = 12 \text{ mm}$ (diameter tulangan yang dipakai) Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 21.7.5.1 untuk panjang penyaluran pelat minimal :

- $8d_b = 96 \text{ mm}$
- 150 mm
- $0,24 \times f_y \times (f_c'^{0,5})/d_b = 51 \text{ mm}$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar = 150 mm

7.2.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Tabel 46 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

REKAPITULASI PENULANGAN PELAT TANGGA						
Tipe Pelat	Tebal Pelat (mm)	Ukuran Pelat		Tulangan terpasang		Panjang Penyaluran (mm)
		Lx(m)	Ly(m)	Tulangan Utama (mm)	Tulangan Pembagi (mm)	
Pelat Tangga	200	3689	1350	D13-200	D13-350	150 mm
Pelat Bordes	210	2950	1400	D13-200	D13-350	150 mm

7.3 Perencanaan Struktur Dinding Basement

Sesuai pada data karakteristik tanah Malang dari Testana Engineering (terlampir) diketahui bahwa Ground Water Level atau muka air tanah yaitu sedalam

-7.2 m dengan perencanaan lantai semi basement yaitu -2.389 m dengan tebal dinding direncanakan 300mm. Berikut merupakan langkah – langkah menghitung nilai tekanan tanah aktif yaitu (Puspita, Ir, Darmawan, Sc, & Ph, 2012):

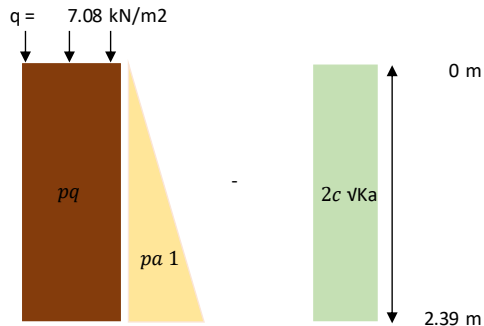
Tabel 47 Data Karakteristik Tanah kedalaman -2.389 m

Depth (m)	γ (kN/m ³)	C (kN/m ²)	θ (°)
2.389	16.5	0.25	19

- Menghitung nilai K_a

$$K_a = \frac{1 - \sin\theta}{1 + \sin\theta} = 0.75$$

- Menghitung nilai tekanan tanah aktif



Gambar 45 Tekanan tanah aktif

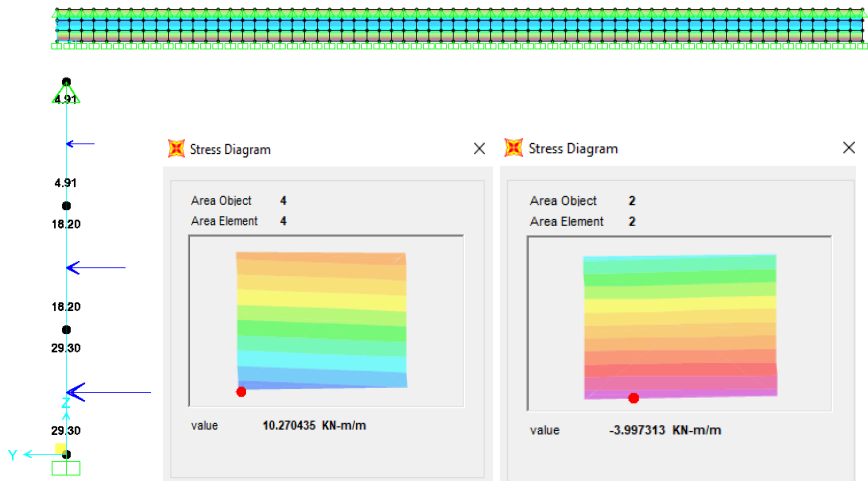
$$q = B_j \text{ beton} \times \text{tebal dinding} = 2.36 \times 0.3 = 7.08 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} pq &= (q \times K_a) - (2c \times \sqrt{K_a}) \\ &= (7.08 \times 0.75) - (2 \times 0.25 \times \sqrt{0.75}) \\ &= 4.9068 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa1 &= (K_a \times \gamma \times h) - (2c \times \sqrt{K_a}) \\
 &= (0.75 \times 16.5 \times 2.39) - (2 \times 0.25 \times \sqrt{0.75}) \\
 &= 29.3028 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka beban yang terjadi:

- Pada kedalaman 0 m = 4.9068 kN/m²
- Pada kedalaman ½ . 2.39 m = 17.1048 kN/m²
- Pada kedalaman 2.39 m = 29.3028 kN/m²



Gambar 46 Permodelan dan Hasil Momen pada Dinding Penahan Tanah

Dari hasil analisis momen maksimum yang terjadi menggunakan program bantu SAP dengan kombinasi 1,2 D + 1,6 L didapatkan hasil :

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 399.7313 \text{ Kgm} \\
 M_{ly} &= 399.7313 \text{ Kgm} \\
 M_{tx} &= 1027.0436 \text{ Kgm} \\
 M_{ty} &= 1027.0436 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Sehingga selanjutnya dapat dilakukan perhitungan penulangan dinding penahan tanah

Data – data yang diketahui

f_c'	= 30 MPa
f_y	= 390 MPa
l_x	= 1000 mm
l_y	= 1000 mm
Tebal Pelat	= 300 mm
Tebal selimut	= 75 mm
Tinggi efektif	= $300 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 13 = 219$ mm
l_y/l_x	= $1 < 2$ (maka Pelat Dua Arah)

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times (\frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}})) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

➤ **Tulangan Tumpuan X dan Tumpuan Y**

$$Mn = \frac{Mtx}{\varphi} = \frac{10270436}{0.8} = 12838045 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{12838045 \text{ Nmm}}{1000 \times 219^2} = 0.269 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.269}{390}} \right) = 0.0006932$$

$$\rho_{min} > \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 > 0.0006932 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 219 = 784 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai D13 – 150

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) = 885 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(300) \text{ atau } 2(300) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 900 \text{ mm atau } 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang memenuhi, jadi dipakai **D13 – 150 mm**

➤ **Tulangan Lapangan X dan Lapangan Y**

$$Mn = \frac{Mtx}{\varphi} = \frac{3997313}{0.8} = 4996641.3 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{4996641.3 \text{ Nmm}}{1000 \times 21} = 0.105 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 0.105}{390}} \right) = 0.0002689$$

$$\rho_{min} > \rho < \rho_{max}$$

$$0.003589 > 0.0002689 < 0.02367$$

Karena ρ perlu kurang dari ρ_{min} maka dipakai

$$\rho_{min} = 0.0035897$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{min} = \rho \times b \times d$$

$$As_{min} = 0.0035897 \times 1000 \times 219 = 784 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai D13 – 150

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$As_{pakai} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}\right) = 885 \text{ mm}^2$$

Cek : $As_{pakai} > As_{min}$ (OK)

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 3h \text{ atau } 2h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 3(300) \text{ atau } 2(300) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 900 \text{ mm atau } 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang memenuhi, jadi dipakai **D13 – 150 mm**

➤ **Tulangan Pembagi arah X dan arah Y**

SNI - 2847 - 2013 Pasal 7.12.2.1

$$\rho_{perlu} = \frac{0.0018 \times 420}{f_y} = 0.0019$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0019 \times 1000 \times 219 = 424 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai D13 – 300

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times \left(\frac{b}{s}\right)$$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times \left(\frac{1000 \text{ mm}}{300 \text{ mm}}\right) = 442 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min}$ (OK)

Cek syarat spasi antar tulangan

(SNI 2847:2013 Ps 10.5.4 & Ps 13.3.2)

$$s \leq 5h \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 5(300) \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

$$s \leq 1500 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipilih yang memenuhi, jadi dipakai **D13 – 450 mm**

- **Kontrol Kapasitas Lentur**

d. Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{885 \times 390}{0.85 \times 30 \times 1000} = 13.53 \text{ mm}$$

e. Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral

Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0.80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 16.92 \text{ mm}$$

f. Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0.003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1\right) = 0.0357$$

Dipakai $\phi = 0.9$

$$\phi M_n = \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 0.5a)$$

$$\begin{aligned}
 &= 65762985 \text{ Nmm} \\
 &= 65.8 \text{ kNm} \\
 \emptyset M_n &= 65.763 \text{ kNm} > M_u = 10.27 \text{ kNm (OK)}
 \end{aligned}$$

- **Kontrol Persyaratan Penulangan**

c. Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$F''_c = 1 \times f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,62\lambda\sqrt{f''_c} \\
 &= 3.396 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 2250000000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 50938197.85 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 10270436 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 50938197.85 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

d. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan untuk pelat lantai adalah $L/240$ menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{1000}{240} = 4 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,000000008 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,000000008 \text{ mm} \leq L/240 = 4 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- **Panjang Penyaluran**

Untuk $d_b = 13 \text{ mm}$ (diameter tulangan yang dipakai)

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 21.7.5.1 untuk panjang penyaluran pelat minimal :

- o $8d_b = 104 \text{ mm}$

- 150 mm
- $0,24 \times f_y \times (f_c^{0,5})/db = 39 \text{ mm}$
Maka dipakai panjang penyaluran terbesar = 150 mm

7.3.1 Rekapitulasi Penulangan Dinding Penahan Tanah

Tabel 48 Rekapitulasi Penulangan Dinding Penahan Tanah

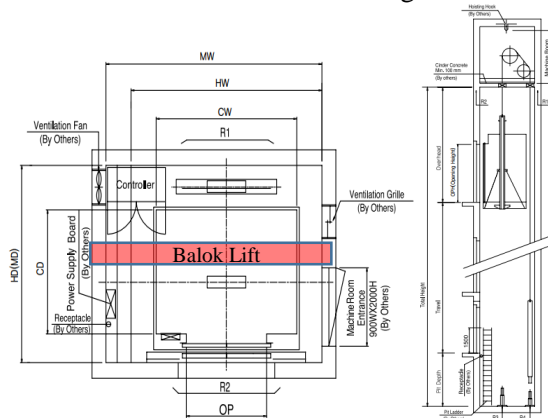
REKAPITULASI PENULANGAN DINDING PENAHAN TANAH							
Dinding Penahan Tanah	Tebal Pelat (mm)	Ukuran		Tulangan terpasang Arah X dan Y			Panjang Penyaluran (mm)
		Lx (mm)	Ly (mm)	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Pembagi	
		300	1000	1000	D13-150	D13-150	D13-300	150 mm

7.4 Perhitungan Struktur Balok Penggantung Lift

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Sigma Elevator dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Lift	= Iris
Standard Kapasitas	= 1600 kg
Kecepatan	= 1 m/s
Lebar pintu	= 1100 mm
Dimensi Sangkar (Car Size)	
- Car wide	= 2150 mm
- Car Depth	= 1600 mm
Dimensi ruang luncur (hoistway size)	
- Hoistway width	= 2700 mm
- Hoistway depth	= 2300 mm
Beban reaksi sangkar	
- Hook 1	= 4500 kg
Beban reaksi mesin	
- Hook 2	= 2700 kg
- Hook 3	= 2300 kg
Beban reaksi pit lift	
- R1	= 10200 kg

- R2 = 7000 kg



Gambar 47 Den ah dan potongan Hoistway Elevator

Maka data perencanaan penulangan balok lift adalah sebagai berikut :

1. Dimensi Balok Lift = 30 x 55 cm
2. Tebal Decking = 40 mm (Ps 7.7.1)
3. Tulangan Lentur = D19 mm
4. Tulangan Geser = $\emptyset 10$ mm
5. Mutu Baja (Fyl) = 390 MPa
6. Mutu Baja (Fyg) = 390 MPa
7. Mutu Baja (Fc') = 30 MPa

7.4.1 Perhitungan Tulangan Balok Lift

$$d = 300 - 40 - 10 - (19/2)$$

$$d = 240.5 \text{ mm}$$

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (fc') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05 \times \left(\frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}}\right)) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

$$\circ \rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\circ \rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\circ \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$

Momen dari analisa SAP2000 dari kombinasi terbesar :

$$Mu_{Tump} = 9634.72 \text{ kgm}$$

$$Mu_{Lap} = 15450.89 \text{ kgm}$$

$$Vu = 14023.27 \text{ kg}$$

$$Tu = 2.2598 \text{ kNm}$$

➤ Tulangan Tumpuan

$$Mn = \frac{Mt}{\phi} = \frac{96347200 \text{ Nmm}}{0.8} = 120434000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{120434000 \text{ Nmm}}{300 \times 240.5^2} = 3.47 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 3.47}{390}} \right) = 0,01056$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} ,$$

$$0.0035897 < 0,01056 < 0.02367$$

Karena ρ perlu sudah sesuai maka dipakai

$$\rho = 0.01056$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0.01056 \times 300 \times 240.5 = 761.895 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan A_s tidak boleh kurang dari :

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d = 253.322 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 259 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, } A_s \text{ perlu} = 761.895 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 4 D19

$$A_{s_{pakai}} = 4x \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 4x \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 1134.11 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min}$ (OK)

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$A_s' \text{ } 761.895 / 2 = 346.446 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 2 D19

$$A_{s_{pakai}} = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 567.057 \text{ mm}^2$$

Cek : As pakai > As min (OK)

Sehingga digunakan tulangan lentur tumpuan atas tarik 4D19 dan tulangan lentur tumpuan bawah tekan 2D19.

➤ **Tulangan Lapangan**

$$Mn = \frac{Mt}{\phi} = \frac{154508900 \text{ Nmm}}{0.8} = 193136125 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{193136125 \text{ Nmm}}{300 \times 240.5^2} = 6.07 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 6.07}{390}} \right) = 0,01806$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0.0035897 < 0,01806 < 0.02367$$

Karena ρ perlu sudah sesuai maka dipakai

$$\rho = 0.01806$$

Maka luas tulangan perlu:

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0.0181 \times 300 \times 240.5 = 1303.152 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{fy} b_w d = 253.322 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{fy} = 259 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, } As \text{ perlu} = 1176.192 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 5 D19

$$As_{pakai} = 5x \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 5x \frac{1}{4} \times \pi x 19^2 = 1417.64 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_{s \text{ pakai}} > A_{s \text{ min}}$ (OK)

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$A_{s'} = 1303.152 / 2 = 651.576 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 3 D19

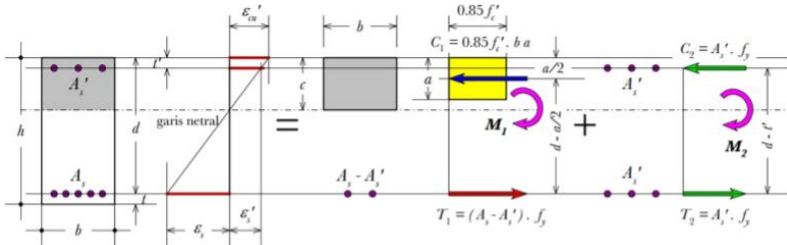
$$A_{s_{pakai}} = 3x \frac{1}{4} \times \pi x D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 3x \frac{1}{4} \times \pi x 19^2 = 850.586 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_{s' \text{ pakai}} > A_{s \text{ min}}$ (OK)

Sehingga digunakan tulangan lentur lapangan bawah tarik 5D19 dan tulangan lentur lapangan atas tekan 3D19.

- Kontrol Kapasitas Lentur & Geser



Gambar 48 Diagram Tegangan

Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} = \frac{754 \times 390}{0.85 \times 30 \times 1000} = 11.53 \text{ mm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f_c = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 14,41 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,0353$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 0,5a) \\ &= 47169296,9 \text{ Nmm} \\ &= 47.169 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 47.169 \text{ kNm} > M_u = 22.23 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1. V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = qu \left(\frac{lx}{2} - \frac{dx}{1000} \right) = 1619 \text{ kg} = 16.19 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi \left(0,17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \right)$$

$$\phi V_c = 121512.249 \text{ N} = 128.5 \text{ kN}$$

$$1/2 \phi V_c \geq V_u$$

$$64 \text{ kN} \geq 16.19 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Kekuatan geser pelat mencukupi

Kontrol Persyaratan Penulangan

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$F_r^c = 1 \times f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} F_r &= 0,62 \lambda \sqrt{f_r^c} \\ &= 3.396 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 771750000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{F_r \times I}{c} = 181816545.1 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 21130.61 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 157059967.7 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lendutan

Batas Lendutan untuk pelat lantai adalah $L/240$ menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{1400}{240} = 6 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,00000000008 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,00000000008 \text{ mm} \leq L/240 = 6 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u = 140232.7 \text{ N} = 140.23 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f'c} b d) = 5038.6 \text{ kg} = 50.39 \text{ kN}$$

$$V_{s \min} = 1/3 \cdot b_w \cdot d = 24050 \text{ N} = 24.050 \text{ kN}$$

$$V_s = 1/3 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = 131727.28 \text{ N} = 131.727 \text{ kN}$$

$$V_{s \max} = 1/3 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = 263454.5 \text{ N} = 263.454 \text{ kN}$$

Cek syarat penulangan geser

$$\frac{1}{2} \phi V_c \geq V_u$$

$$25.193 \geq 36.38 \text{ kN} \quad (\text{tidak OK})$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, cek kondisi selanjutnya

$$\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$25.193 \leq 140.23 \leq 50.39 \text{ kN} \quad (\text{tidak OK})$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, cek kondisi selanjutnya

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s \min})$$

$$50.38 \leq 140.23 \leq 68.423 \text{ kN} \quad (\text{tidak OK})$$

Kekuatan geser balok tidak mencukupi, cek kondisi selanjutnya

$$\phi (V_c + V_{s \min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s)$$

$$68.423 \leq 140.23 \leq 149.181 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

$$\emptyset V_{S \text{ perlu}} = V_u - \emptyset V_c = 140.23 - 50.38 = 89.47 \text{ kN}$$

$$V_{S \text{ perlu}} = \emptyset V_{S \text{ perlu}} / 0.75 = 119.796 \text{ kN}$$

$$V_S < V_{S \text{ maks}} = 119.796 \text{ kN} < 263.454 \text{ kN (OK)}$$

Digunakan tulangan pakai $\emptyset 10$ 2 kaki

$$A_v = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$A_v = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.08 \text{ mm}^2$$

Sehingga jarak antar sengkang

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_S} = \frac{157.08 \cdot 390 \cdot 240,5}{119.796} = 122.986 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = 120.25 \text{ mm}$$

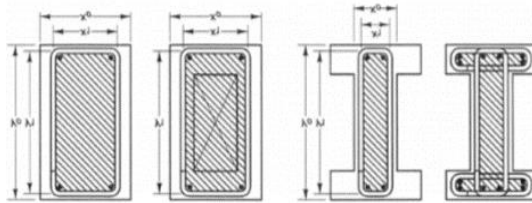
$$S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm}$$

Dicari yang terkecil maka digunakan **$\emptyset 10$ 2 kaki jarak 120 mm**

$$V_S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S} = \frac{157.08 \cdot 390 \cdot 240,5}{120} = 123 \text{ kN}$$

Cek $V_S > V_{S \text{ perlu}}$ (OK)

➤ Penulangan Torsi



Gambar 49 Parameter-parameter geometri torsi

Diketahui data perencanaan penulangan torsi

Tebal selimut = 40 mm

$$x_0 = 600 \text{ mm}$$

$$y_0 = 300 \text{ mm}$$

$$x_1 = 600 - (2 \times 40) - 10 = 510 \text{ mm}$$

$$y_1 = 300 - (2 \times 40) - 10 = 210 \text{ mm}$$

$$A_{cp} = x_0 \cdot y_0 = 600 \times 300 = 180000 \text{ mm}^2$$

$$A_{oh} = x_1 \cdot y_1 = 520 \times 220 = 107100 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(x_0 + y_0) = 2(600 + 300) = 1800 \text{ mm}$$

$$P_h = 2(x_1 + y_1) = 2(520 + 220) = 1440 \text{ mm}$$

Berdasarkan dari hasil analisa SAP2000 diperoleh momen punter terbesar yaitu :

$$T_u = 225.98 \text{ kgm} = 2.2598 \text{ kNm}$$

Momen Puntir Nominal :

$$T_n = T_u / \phi = 2.2598 / 0,75 = 3.013 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.1. Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_{u_{min}} = \phi \times 0,083 \times \sqrt{f'c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 6137231.257 \text{ Nmm}$$

$$= 6.1372 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.2.2. Momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$T_{u_{max}} = \phi \times 0,33 \times \sqrt{f'c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 24401039.94 \text{ Nmm}$$

$$= 24.401 \text{ kNm}$$

Cek pengaruh momen Puntir

$$T_{u_{min}} = 6.1372 \text{ kNm} > T_u = 2.2598 \text{ kNm}$$

(tidak memerlukan tulangan torsi)

➤ **Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tarik**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 12.5.2 untuk panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut : (kondisi Tarik)

- Untuk $D = 19 \text{ mm}$
- Menurut SNI 2847:2013 Ps. 12.5.3 Idh harus diizinkan untuk dikalikan dengan factor (a), (b), (c)

- $(0.24x f_y / (f_c^{0.5})) d_b = 324.7 \text{ mm}$
- $8d_b = 152 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka sambungan lewatan diambil $l_{d_h} = 400 \text{ mm}$

Dengan Kait 90° sepanjang $12d_b = 228 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$

➤ **Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tekan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 12.3.2 untuk panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut : (kondisi Tekan)

- $(0.24x f_y / (f_c^{0.5})) d_b = 324.7 \text{ mm}$
- $(0.043 \times f_y) d_b = 318.6 \text{ mm}$

Maka sambungan lewatan diambil $l_{d_h} = 400 \text{ mm}$

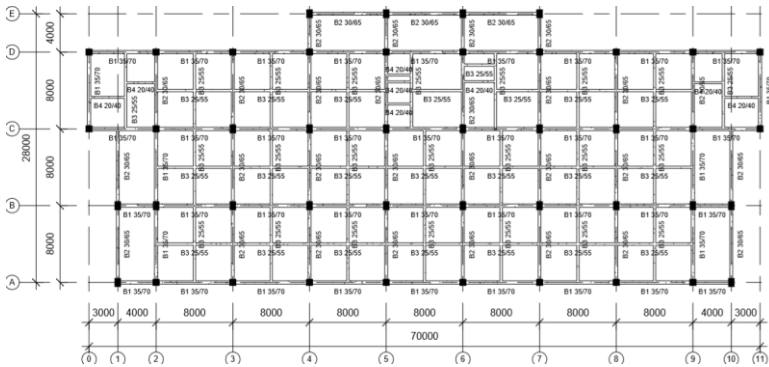
Dengan Kait 90° sepanjang $12d_b = 228 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$

7.4.2 Rekapitulasi Penulangan Balok Lift

Tabel 49 Rekapitulasi Penulangan Balok Lift

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK LIFT						
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Senggang
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	
				(mm)	(mm)	
Balok Lift	3200	300	550	Atas		2 Ø10 - 120
				4 D19	3 D19	
				Bawah		
				2 D19	5 D19	

7.5 Perencanaan Balok Anak



Gambar 50 Denah Pembalokan

Maka data perencanaan penulangan balok anak adalah sebagai berikut :

1. Dimensi Balok Anak = 25 x 55 cm
2. Tebal Decking = 40 mm (Ps 7.7.1)
3. Tulangan Lentur = D19 mm
4. Tulangan Geser = $\emptyset 10$ mm
5. Mutu Baja (F_y) = 390 MPa
7. Mutu Baja (F_c') = 30 MPa

7.5.1 Perhitungan Tulangan Balok Anak

$$d = 550 - 40 - 10 - (19/2)$$

$$d = 490.5 \text{ mm}$$

Untuk nilai β_1

Sesuai SNI 03-2874-2013 Pasal 10.2.7.3 Reduksi β_1 sebesar 0.05 untuk setiap kelebihan kekuatan sebesar 7 MPa. Mutu beton pakai (f_c') = 30 MPa, kenaikan 2 MPa dari 28 MPa.

$$\beta_1 = 0.85 - (0.05x(\frac{30 \text{ MPa}}{28 \text{ MPa}})) = 0.8$$

Untuk nilai m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0.85 \times 30 \text{ MPa}} = 15.3$$

Batasan penulangan

(SNI 03-2874-2013 Pasal 10.5.1)

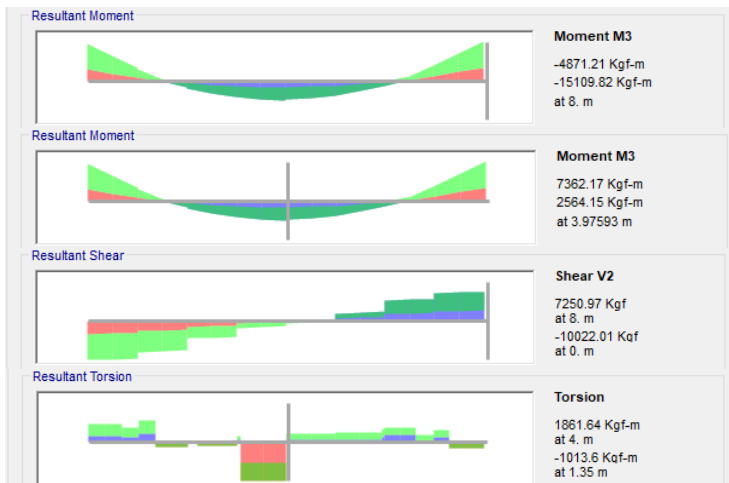
$$\circ \rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\circ \rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0.75 \times 0.85 \times 0.8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0.03156$$

$$\circ \rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0.75 \times 0.03156 = 0.02367$$



Gambar 51 diagram momen, geser, dan torsi Balok Anak

Momen dari analisa SAP2000 dari kombinasi terbesar :

$$Mu_{Tump} = 15109.82 \text{ kgm}$$

$$Mu_{Lap} = 7362.17 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 10022.01 \text{ kg} \\ T_u &= 1861.64 \text{ kNm} \end{aligned}$$

➤ **Tulangan Tumpuan**

$$M_n = \frac{Mt}{\phi} = \frac{151098200 \text{ Nmm}}{0.8} = 188872750 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{188872750 \text{ Nmm}}{250 \times 490.5^2} = 2.791 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 2.791}{390}} \right) = 0,0076$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} ,$$

$$0.0035897 < 0,0076 < 0.02367$$

Karena ρ perlu sudah sesuai maka dipakai

$$\rho = 0.0076$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0.0076 \times 250 \times 490.5 = 931.78 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan A_s tidak boleh kurang dari :

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 430.542 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 440.192 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, } A_s \text{ perlu} = 931.78 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 4 D19

$$A_{s_{pakai}} = 4x \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 4x \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 1134.11 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min (OK)}$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$A_s' = 931.78/2 = 465.888 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 2 D19

$$A_{s_{pakai}} = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_{s_{pakai}} = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 567.057 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_s \text{ pakai} > A_s \text{ min (OK)}$

Sehingga digunakan tulangan lentur tumpuan atas tarik 4D19 dan tulangan lentur tumpuan bawah tekan 2D19.

➤ Tulangan Lapangan

$$Mn = \frac{Mt}{\phi} = \frac{73621700 \text{ Nmm}}{0.8} = 92027125 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{92027125 \text{ Nmm}}{250 \times 490.5^2} = 1.36 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{15.3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.3 \times 1.36}{390}} \right) = 0,0036$$

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max} ,$$

$$0.0035897 < 0,0036 < 0.02367$$

Karena ρ perlu sudah sesuai maka dipakai

$$\rho = 0.0036$$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0.0036 \times 250 \times 490.5 = 440.19 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 430.542 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 440.192 \text{ mm}^2$$

Maka, As perlu = 440.19 mm²

Tulangan pakai 2 D19

$$As_{pakai} = 2x \frac{1}{4} \times \pi x D^2$$

$$As_{pakai} = 2x \frac{1}{4} \times \pi x 19^2 = 567.1 \text{ mm}^2$$

Cek : As pakai > As min (OK)

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$As' = 440.19 / 2 = 220.096 \text{ mm}^2$$

Tulangan pakai 2 D19

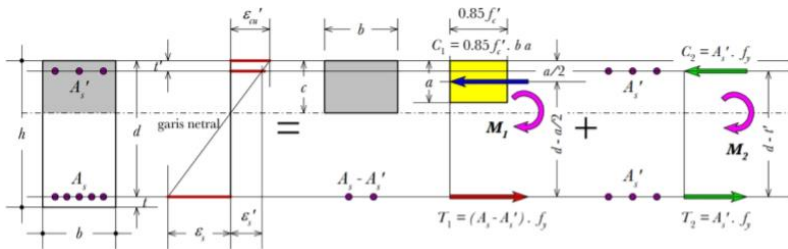
$$As_{pakai} = 2x \frac{1}{4} \times \pi x D^2$$

$$As_{pakai} = 2x \frac{1}{4} \times \pi x 19^2 = 567.1 \text{ mm}^2$$

Cek : As' pakai > As min (OK)

Sehingga digunakan tulangan lentur lapangan bawah tarik 2D19 dan tulangan lentur lapangan atas tekan 2D19.

- Kontrol Kapasitas Lentur & Geser



Gambar 52 Diagram Tegangan

Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{754 \times 390}{0,85 \times 30 \times 1000} = 11,53 \text{ mm}$$

Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral
 Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f_c' = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 14,41 \text{ mm}$$

Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,0353$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 0,5a) \\ &= 47169296,9 \text{ Nmm} \\ &= 47,169 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 47,169 \text{ kNm} > M_u = 22,23 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol Terhadap Persyaratan Geser

Kontrol persyaratan geser ditinjau berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1. V_u pada jarak d dari tumpuan adalah sebesar :

$$V_u = qu \left(\frac{lx}{2} - \frac{dx}{1000} \right) = 1619 \text{ kg} = 16,19 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = \phi \left(0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \right)$$

$$\phi V_c = 121512,249 \text{ N} = 128,5 \text{ kN}$$

$$1/2 \phi V_c \geq V_u$$

$$64 \text{ kN} \geq 16.19 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

Kekuatan geser pelat mencukupi

Kontrol Persyaratan Penulangan

Kontrol Retak

Kontrol retak ditinjau menurut pasal 9.5.2.3 SNI 2847:2013 Momen batas retak yang terjadi saat beton berumur 28 hari :

$$f''c = 1 \times f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f''c}$$

$$= 3.396 \text{ Mpa}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 = 771750000 \text{ mm}^4$$

$$M_{cr} = \frac{f_r \times I}{c} = 181816545.1 \text{ Nmm}$$

Momen layan yang bekerja pada saat setelah komposit ditambahkan koefisien beban 1,2 adalah

$$M_x = 21130.61 \text{ Nmm}$$

$$M_{cr} = 157059967.7 \text{ Nmm} \geq M_x \quad (\text{OK})$$

Kontrol Lendutan

Batas Lendutan untuk pelat lantai adalah L/240 menurut SNI 2847-2013.

$$\frac{L}{240} = \frac{1400}{240} = 6 \text{ mm}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$(\Delta i)_{DL} = \frac{5ql^4}{384 \times E_c \times I_e} = 0,00000000008 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,00000000008 \text{ mm} \leq L/240 = 6 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

➤ **Penulangan Geser**

$$V_u = 100220.1 \text{ N} = 100.22 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = \emptyset (0,17\lambda\sqrt{f'c} b d) = 85634.7 \text{ kg} = 85.6 \text{ kN}$$

$$V_{s \text{ min}} = 1/3 \cdot b \cdot w \cdot d = 408750 \text{ N}$$

$$V_s = 1/3 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d = 2238815.954 \text{ N}$$

$$V_{S \text{ maks}} = 1/3 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d = 4477631.908 \text{ N}$$

Cek syarat penulangan geser

$$\frac{1}{2} \phi V_c \geq V_u$$

$$428.1736 \geq 100.22 \text{ kN (OK)}$$

Digunakan tulangan pakai $\phi 10$ 2 kaki

$$A_v = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$A_v = 2x \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.08 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} = 120.25 \text{ mm}$$

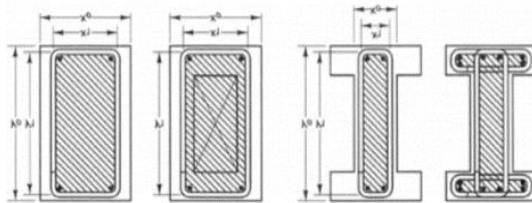
$$S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm}$$

Dicari yang terkecil maka digunakan **$\phi 10$ 2 kaki jarak 120 mm**

$$V_s = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{S} = \frac{157.08 \cdot 390 \cdot 240,5}{120} = 123 \text{ kN}$$

Cek $V_s > V_{S \text{ perlu}}$ (OK)

➤ Penulangan Torsi



Gambar 53 Parameter-parameter geometri torsi

Diketahui data perencanaan penulangan torsi

Tebal selimut = 40 mm

$$x_0 = 250 \text{ mm}$$

$$y_0 = 550 \text{ mm}$$

$$x_1 = 250 - (2 \times 40) - 10 = 170 \text{ mm}$$

$$y_1 = 550 - (2 \times 40) - 10 = 470 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= x_0 \cdot y_0 = 250 \times 550 = 137500 \text{ mm}^2 \\
 A_{oh} &= x_1 \cdot y_1 = 170 \times 470 = 79900 \text{ mm}^2 \\
 P_{cp} &= 2(x_0 + y_0) = 2(250 + 550) = 1600 \text{ mm} \\
 P_h &= 2(x_1 + y_1) = 2(170 + 470) = 1280 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil analisa SAP2000 diperoleh momen punter terbesar yaitu :

$$T_u = 186.16 \text{ kgm} = 1.862 \text{ kNm}$$

Momen Puntir Nominal :

$$T_n = T_u / \phi = 1.862 / 0,75 = 2.482 \text{ kNm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.1. Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\min}} &= \phi \times 0,083 \times \sqrt{f'c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 4028889.877 \text{ Nmm} \\
 &= 4.0289 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.2.2. Momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \phi \times 0,33 \times \sqrt{f'c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 16018477.82 \text{ Nmm} \\
 &= 16.0185 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen Puntir

$$T_{u_{\min}} = 4.0289 \text{ kNm} > T_u = 2.482 \text{ kNm}$$

(tidak memerlukan tulangan torsi)

➤ Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tarik

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 12.5.2 untuk panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut : (kondisi Tarik)

- Untuk $D = 19 \text{ mm}$
- Menurut SNI 2847:2013 Ps. 12.5.3 ldh harus diizinkan untuk dikalikan dengan factor (a), (b), (c)

- $(0.24x f_y / (f_c^{0.5})) d_b = 333.015 \text{ mm}$
- $8 d_b = 152 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka sambungan lewatan diambil $l_{d h} = 400 \text{ mm}$

Dengan Kait 90° sepanjang $12 d_b = 228 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$

➤ **Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tekan**

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 12.3.2 untuk panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut : (kondisi Tekan)

- $(0.24x f_y / (f_c^{0.5})) d_b = 333.015 \text{ mm}$
- $(0.043 \times f_y) d_b = 326.8 \text{ mm}$

Maka sambungan lewatan diambil $l_{d h} = 400 \text{ mm}$

Dengan Kait 90° sepanjang $12 d_b = 228 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$

7.4.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Tabel 50 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

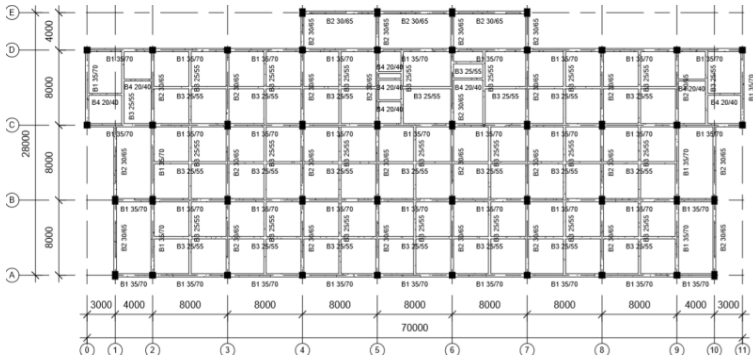
REKAPITULASI PENULANGAN BALOK ANAK						
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Sengkang
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	
	(mm)			(mm)	(mm)	(mm)
B3	8000	250	550	Atas		2 Ø10 - 210
				4 D19	2 D19	
				Bawah		
				2 D19	2 D19	
B4	2750	200	400	Atas		2 Ø10 - 120
				3 D19	2 D19	
				Bawah		
				2 D19	2 D19	
B4	3500	200	400	Atas		2 Ø10 - 120
				3 D19	2 D19	
				Bawah		
				2 D19	2 D19	

BAB IX

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS PRIMER

8.1 Perencanaan Balok Induk

Pada perhitungan penulangan balok induk terdapat beberapa tipe balok yang dibedakan. Seluruh balok induk dihitung sesuai dengan hasil analisa dengan program bantu SAP. Salah satu tipe balok akan dijabarkan perhitungannya sesuai dengan hasil analisa, selanjutnya hasil rekapitulasi perhitungan akan disimpulkan dalam bentuk tabel.



Gambar 54 Denah Pembalokan

8.2.1 Perhitungan Balok Tipe B1 Ukuran 35x70

Dari program bantu SAP, untuk gaya paling besar yang terjadi pada balok induk ukuran 35x70 terdapat pada frame 1444 dengan data perencanaan dan hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

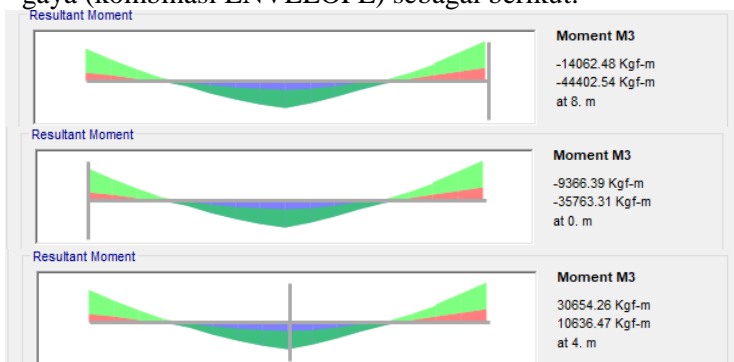
A. Data Perencanaan

- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yl}) = 390 MPa
- Mutu baja tulangan (f_{yt}) = 390 MPa
- Panjang balok (L) = 8 m

- Tinggi balok (h) = 700 mm
- Lebar balok (b) = 350 mm
- Diameter tulangan lentur = D25
- Diameter tulangan geser = D13
- Tebal selimut = 40 mm
- $d = h - \text{decking}D - D/2$
 $= 700 - 40 - 13 - 25/2$
 $= 634.5 \text{ mm}$
- $\beta_1 = 0.8$

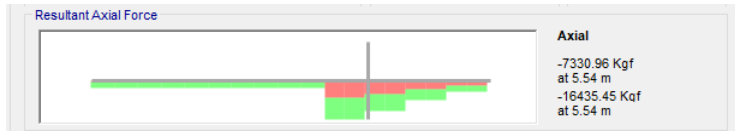
B. Analisa Struktur Gaya Dalam Balok

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok, dilihat menggunakan program bantu dan didapatkan gaya-gaya (kombinasi ENVELOPE) sebagai berikut:



Gambar 55 Diagram momen tumpuan kanan, tumpuan kiri, dan lapangan pada balok induk





Gambar 56 Diagram torsi, geser, dan aksial pada balok induk

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi Envelope :

Gaya Geser = 74.447 kN

Gaya Aksial = 164.355 kN

Gaya Torsi/Puntir = 90.587 kN

C. Cek Syarat Komponen Struktur Lentur SRPMK

Untuk sistem rangka struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 2847-2013 Ps.21.5.1 mensyaratkan komponen lentur harus memenuhi hal-hal berikut :

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur harus kurang dari $0,1A_g f_c'$. Berdasarkan analisa SAP2000, gaya aksial tekan terbesar pada B1 yaitu = 164.355 kN.
 $164.355 \text{ kN} < 0,1A_g f_c'$
 $164.355 \text{ kN} < 0,1(7000 \times 350)30$
 $164.355 \text{ kN} < 735 \text{ kN}$ (memenuhi)
- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya
 $d = 700 - 40 - 13 - 25 - 20 = 602 \text{ mm}$
 $L_n/d = 7400/602 = 12.292 \text{ mm}$
 $4d = 2408 \text{ mm} < 7400 \text{ mm}$ (memenuhi)
- Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3
 $b/h = 350/700 = 0,5 > 0,3$ (memenuhi)
- Lebar komponen tidak boleh kurang dari 250mm dan melebihi komponen struktur pendukung.
 $b = 350 \text{ mm} > 250 \text{ mm}$ (memenuhi)
 $b = 350 \text{ mm} < \text{lebar kolom}$

$$b = 350 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

D. Gaya yang Terjadi Pada Struktur

Tabel 51 Momen Envelope Pada Balok Akibat Beban Gravitasi dan Beban Gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan	Kanan	444.025
2	Tumpuan Kiri	Kiri	140.6248
3	Tumpuan Kanan	Kiri	357.6331
4	Tumpuan Kiri	Kanan	93.6639
5	Lapangan	Kanan & Kiri	306.5426

Diameter tulangan lentur balok harus dibatasi sehingga tumpuan (kolom) paralel terhadap tulangan sekurang-kurangnya 20db.

$$\begin{aligned} \text{Diameter Max} &= 600/20 \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan D22

$$d = 700 - 40 - 13 - 25 - 20 = 602 \text{ mm (Dua lapis)}$$

$$d = 700 - 40 - 13 - 12.5 = 634.5 \text{ mm (Satu lapis)}$$

E. Penulangan Lentur

Untuk mutu beton $f'_c = 30 \text{ MPa}$ berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (f'_c - 28) \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 (30 - 28) \geq 0,65 = 0,8$$

Dengan demikian maka Batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyaratkan adalah sebagai berikut :

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0.0035897$$

(SNI 03-2874-2013 Pasal B.8.4.2)

$$\circ \rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 30}{390 \text{ MPa}} \left(\frac{600}{600 + 390 \text{ MPa}} \right) = 0,0317016$$

$$\circ \rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,0317016 = 0,023776$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390}{0,85 \times 30} = 15,29 \text{ MPa}$$

• Kondisi 1, kolom ujung kanan momen negatif tumpuan goyangan ke kanan

$$Mu = 444025400 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = 4,3758 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 4,37}{390}} \right) \\ &= 0,01239 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } \rho_{perlu} > \rho_{min} < \rho_{max}$$

$$0,0124 > 0,0035 < 0,024$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{pakai} \times b \times d \\ &= 0,01239 \times 350 \times 602 \\ &= 2611,5866 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$\text{As min} = \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, As pakai} = 2611,5866 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan tulangan D25 mm, As} = 490,874 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{\text{As pakai}}{\text{AsD}} = \frac{2611,5866}{490,874} = 5,3203 = 6 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$6D25 A_s = 2945.243 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 128,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times f_y \times A_s \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 555 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 444.0254 \text{ kNm (OK!)}$$

Cek penampang tension controlled :

$$\frac{a}{d} = \frac{128,7}{602} = 0,214$$

$$\frac{a}{d} = 0,374 \times \beta_1 = 0,3$$

$$\frac{a}{d} < c/d \quad (\text{OK!})$$

- Kondisi 2, kolom ujung kanan momen positif tumpuan goyangan ke kanan

$$M_u = 140624800 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan SNI 2947:2013 Ps. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif yang disediakan pada muka joint tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

$$M_u \text{ kondisi 2} > 1/2 M_u \text{ negatif 1}$$

$$140,6248 \text{ kNm} > 277,9060757 \text{ kNm}$$

Maka dipakai M_u terbesar = 277,9060757 Nmm

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = 2,7387 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 2,7387}{390}} \right) \\ &= 0,00745 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,00745 > 0,0035 < 0,024$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,00745 \times 350 \times 602$$

$$= 1568,949 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$As_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 739,77 \text{ mm}^2$$

$$As_{\min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 1568,949 mm²

Digunakan tulangan D25 mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{As_{\text{pakai}}}{AsD} = \frac{1568,949}{490,874} = 3,196 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 \text{ As} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = 85,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \emptyset Mn &= \emptyset \times f_y \times As \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 385,324 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset Mn > Mu = 277,906 \text{ kNm (OK!)}$$

Cek penampang tension controlled :

$$\frac{a}{d} = 602 = 0,143$$

$$\frac{c}{d} = 0,374 \times \beta_1 = 0,3$$

$$a/d < c/d \quad (\text{OK!})$$

• Kondisi 3, kolom ujung kiri momen negatif tumpuan goyangan ke kiri

$$Mu = 357633100 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = 3,5244 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,5244}{390}} \right)$$

$$= 0,00977$$

Sehingga $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,00977 > 0,0035 < 0,024$

$$\text{As perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d$$

$$= 0,00977 \times 350 \times 602$$

$$= 2057,768 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$\text{As min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 2057,768 mm²

Digunakan tulangan D25 mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{\text{As pakai}}{\text{AsD}} = \frac{2057,768}{490,874} = 4,19 = 5 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$5D25 \text{ As} = 2454,369 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 107,25 \text{ mm}$$

$$\phi M_n = \phi \times f_y \times \text{As} \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 472,416 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u = 357,633 \text{ kNm (OK!)}$$

Cek penampang tension controlled :

$$\frac{a}{d} = \frac{107,25}{602} = 0,178$$

$$\frac{c}{d} = 0,374 \times \beta_1 = 0,3$$

$$a/d < c/d \quad (\text{OK!})$$

- Kondisi 4, kolom ujung kiri momen positif tumpuan goyangan ke kiri

$$Mu = 93663900 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan SNI 2947:2013 Ps. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif yang disediakan pada muka joint tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

$$Mu \text{ kondisi 4} > 1/2 Mu \text{ negatif 3}$$

$$93,6639 \text{ kNm} > 236,208 \text{ kNm}$$

Maka dipakai Mu terbesar = 23620809 Nmm

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = 2,34 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 2,34}{390}} \right) \\ &= 0,00745 \end{aligned}$$

Sehingga $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}}$
 $0,00745 > 0,0035 < 0,024$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,00745 \times 350 \times 602 \\ &= 1568,949 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$\text{As min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{fy} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4 b_w d}{fy} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, As pakai = 1568,949 mm²

Digunakan tulangan Dww mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{\text{As pakai}}{\text{AsD}} = \frac{1568,949}{490,874} = 3,196 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 \text{ As} = 1963,4954 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = 85,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= \phi \times fy \times As \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 385,324 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset Mn > Mu = 236,208 \text{ kNm (OK!)}$$

Cek penampang tension controlled :

$$\frac{a}{dt} = \frac{85,8}{602} = 0,143$$

$$\frac{c}{dt} = 0,374 \times \beta_1 = 0,3$$

$$a/dt < c/dt \quad (\text{OK!})$$

• Kondisi 5, tengah bentang momen positif tumpuan goyangan ke kanan kiri

$$Mu = 306542600 \text{ Nmm}$$

Berdasarkan SNI 2947:2013 Ps. 21.5.2.2 bahwa kekuatan momen positif yang disediakan pada muka joint tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen maks.

$$Mu \text{ kondisi 5} > 1/4 Mu \text{ maksimum}$$

$$306,5426 \text{ kNm} > 138,9530378 \text{ kNm}$$

Maka dipakai Mu terbesar = 306542600 Nmm

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2} = 3,0209 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 3,0209}{390}} \right) \\ &= 0,00745 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga } \rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,00745 > 0,0035 < 0,025$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,00745 \times 350 \times 602 \\ &= 1568,94934 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$\text{As min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{fy} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min} = \frac{1,4 b_w d}{fy} = 756,359 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka, As pakai} = 1568,94934 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 mm, $A_s = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{spakai}}{A_s D} = \frac{1568,94934}{490,874} = 3,196 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 A_s = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = 85,8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times f_y \times A_s \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 385,324 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u = 306,5426 \text{ kNm (OK!)}$$

Cek penampang tension controlled :

$$\frac{a}{d} = \frac{85,8}{602} = 0,143$$

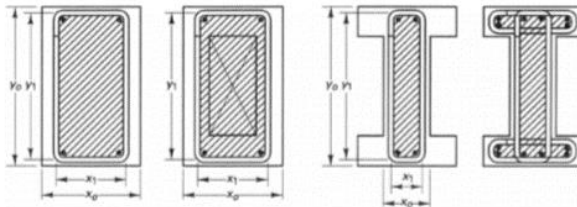
$$\frac{a}{d} = 0,374 \times \beta_1 = 0,3$$

$$\frac{a}{d} < c/d \quad (\text{OK!})$$

F. Penulangan Puntir Akibat Torsi

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Dimensi balok = 35/70 cm



Gambar 57 Parameter Geometri Torsi

$$x_0 = 350 \text{ mm} \qquad x_1 = 257 \text{ mm}$$

$$y_0 = 700 \text{ mm} \qquad y_1 = 607 \text{ mm}$$

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned}
 A_{cp} &= X_0 \times Y_0 \\
 &= 350 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\
 &= 245000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned}
 P_{cp} &= 2(X_0 + Y_0) \\
 &= 2(350 + 700) \\
 &= 2100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= X_1 \times Y_1 \\
 &= 257 \times 607 \\
 &= 155999 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2(X_1 + Y_1) \\
 &= 2(257 + 607) \\
 &= 1728 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada SAP2000 diperoleh momen puntir terbesar pada B1 :

Momen Puntir Ultimate

$$T_u = 90,5866 \text{ kNm}$$

Momen Puntir Nominal :

$$\begin{aligned}
 T_n &= T_u / \phi \\
 &= 90,5866 / 0,75 \\
 &= 120,782 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.1. Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= \phi \times 0,083 \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 9745695,931 \text{ Nmm} \\
 &= 9,7457 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.11.5.2.2. Momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \emptyset \times 0,33 \times \sqrt{f'c'} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\
 &= 38747947,68 \text{ Nmm} \\
 &= 38,7479 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Cek pengaruh momen Puntir

$$T_u = 120,782 \text{ kNm} > T_{u_{\min}} = 9,7457 \text{ kNm}$$

(memerlukan tulangan torsi)

- Tulangan Puntir untuk Lentur

SNI 2847:2013 Ps.11.5.3.7

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan A_t/s dihitung sesuai SNI 2847:2013
Ps.11.5.3.6

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Untuk beton non prategang $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana, } A_o &= 0,85 A_{oh} \\
 &= 132599,15 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{A_o} \\
 &= \frac{2 \times A_o \times A_t \times \cot \theta}{38747847,68} = 0,31844343 \text{ mm}^2/\text{mm} \\
 &= \frac{121679220}{121679220}
 \end{aligned}$$

Tetapi A_t/s tidak boleh kurang dari :

$$\frac{A_t}{s} \min = \frac{0,175 b w}{F_{yt}} = 0,157 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$A_t/s > A_t/s_{\min}$ (memenuhi)

Maka, digunakan tulangan puntir untuk lentur :

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$A_l = 550,27 \text{ mm}^2$$

Tetapi A_l tidak boleh kurang dari :

$$A_{l_{min}} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c'} \times A_{cp}}{F_{yl}} = 894,8747 \text{ mm}^2$$

Cek : $A_l < A_{l_{min}}$

Karena $A_l < A_{l_{min}}$, maka dipakai $A_l = 894,8747 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir perlu sebesar A_l . untuk arah memanjang dibagi rata keempat sisi penampang balok.

$$\frac{A_l}{4} = \frac{894,8747}{4} = 223,71865 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan longitudinal:

Pada sisi atas – disalurkan $\frac{1}{2}$ pada tulangan tarik balok, pada sisi bawah – disalurkan $\frac{1}{2}$ pada tulangan tekan balok. Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar = $223,71865 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah):

Direncanakan tulangan samping diameter D13 $A_s = 132,7323 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_l}{A_{sD \text{ puntir}}} = 1,6855$$

Dipasang tulangan samping 2D13 samping kiri dan kanan balok.

$$A_{s_{pasang}} = n \times A_{sD \text{ puntir}} = 265,465 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk Penulangan puntir longitudinal sisi atas dan bawah disalurkan $\frac{1}{2}$ tarik dan $\frac{1}{2}$ tekan balok, sehingga luasan tulangan pada perhitungan lentur di atas ditambahkan luasan tulangan sebesar = $265,465 \text{ mm}^2$.

Jumlah tulangan longitudinal pada kondisi 1 :

$$A_s = 2611,587 + 223,71865 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 2835,305 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, As perlu = 2835,305 mm²

Digunakan tulangan D25 mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{AsD} = \frac{2835,305}{490,874} = 5,776 = 6 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$6D25 \quad A_{s\text{pakai}} = 2945,243 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$As' = 2945,243 / 2 = 1472,622 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{A_{s\text{pakai}}}{AsD} = \frac{1472,622}{490,874} = 3 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tekan :

$$3D25 \quad As = 1472,622 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan longitudinal pada kondisi 2 :

$$As = 1568,949341 + 223,71865 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 1792,668 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$A_{s \text{ min}} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, As perlu = 1792,668 mm²

Digunakan tulangan D25 mm, As = 490,874 mm²

$$n = \frac{As_{perlu}}{AsD} = \frac{1792,668}{490,874} = 3,65 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 \quad As_{pakai} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$As' = 1963,495/2 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 mm, $As = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As_{pakai}}{AsD} = \frac{981,7477}{490,874} = 2 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tekan :

$$2D25 \quad As = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan longitudinal pada kondisi 3 :

$$As = 2057,768 + 223,71865 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 2344,748 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{fy} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{fy} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, $As \text{ perlu} = 2344,748 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D25 mm, $As = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As_{perlu}}{AsD} = \frac{2344,748}{490,874} = 4,776 = 5 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$5D25 \quad As_{pakai} = 2454,369 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$As' = 2454,369/2 = 1227,185 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 mm, $As = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As_{pakai}}{AsD} = \frac{1227,185}{490,874} = 3 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tekan :

$$3D25 \quad As = 1227,185 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan longitudinal pada kondisi 4 :

$$As = 1568,949 + 223,71865 \text{ mm}^2$$

$$As_{perlu} = 1792,668 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan As tidak boleh kurang dari :

$$As \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{fy} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{fy} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, $As \text{ perlu} = 1792,668 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D25 mm, $As = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As_{perlu}}{AsD} = \frac{1792,668}{490,874} = 3,652 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 \quad As_{pakai} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$As' = 1963,495 / 2 = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 mm, $As = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{As_{pakai}}{AsD} = \frac{981,7477}{490,874} = 2 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tekan :

$$2D25 \quad As = 981,7477 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan longitudinal pada kondisi 5 :

$$As = 1568,949 + 223,71865 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 1792,668 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 Ps.10.5.1. menetapkan A_s tidak boleh kurang dari :

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} b_w d = 739,777 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4b_w d}{f_y} = 756,359 \text{ mm}^2$$

Maka, A_s perlu = 1792,668 mm²

Digunakan tulangan D25 mm, $A_s = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{SD}} = \frac{1792,668}{490,874} = 3,651 = 4 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tarik :

$$4D25 \quad A_{S_{\text{pakai}}} = 1963,495 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (memenuhi)}$$

Untuk tulangan lentur tekan dapat digunakan sebesar 0,5 dari kekuatan lentur tarik berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.5.2.2.

$$A_s' = 1963,495 / 2 = 981.7477 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D22 mm, $A_s = 490,874 \text{ mm}^2$

$$n = \frac{A_{S_{\text{pakai}}}}{A_{SD}} = \frac{981.7477}{490,874} = 2 \text{ buah}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur tekan :

$$2D25 \quad A_s = 981.7477 \text{ mm}^2$$

- Tulangan Puntir untuk Geser

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f'c} \times b_w \times d = 192341,905 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{Vu}{\phi} = 263675,95 \text{ N}$$

$$V_s = V_n - V_c = 71334.0455 \text{ N}$$

$$V_s < \frac{2}{3} \lambda \sqrt{f'c} b_w d$$

$$71334.0455 \text{ N} < 769367,6191 \text{ N (memenuhi)}$$

$$\frac{Av}{s} = \frac{Vs}{fyt \times d} = 0,3038 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{Avt}{s} &= Av + 2At = \frac{\sqrt{f_c' \times bw \times S}}{16 \times fyt} \\ &= 46,0824 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

$$Avt_{\min} = \frac{1bw.S}{3Fyt} = 44,872$$

$$Avt_{\min} < Avt \quad (\text{memenuhi})$$

$$\frac{Avt}{s} = Av + 2At = 0,9407 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Direncanakan sengkang diameter 2 kaki D13 $Av = 265,46 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{Av}{\frac{Avt}{s} \text{ perlu}} = 283,193 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = \frac{ph}{8} = \frac{1728}{8} = 216 \text{ mm}$$

Atau 300 mm

Dipasang sengkang diameter 2 kaki D13 jarak 200 mm di penampang kritis

Untuk jarak tulangan sengkang di luar penampang kritis digunakan $S_{maks} = d/2$

$$S_{maks} = \frac{d}{2} = 301 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang diameter 2 kaki D13 jarak 250 mm di luar penampang kritis.

G. Hitung Momen Probable Capacities (M_{pr}) / Momen Kapasitas (M_{cap})

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps. 21.5.4.1 mengisyaratkan bahwa geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur mencapai $1,25f_y$ serta koefisien lentur 1.

Tabel 52 Kapasitas Momen Nominal Balok B1

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kNm)	As Pakai (mm ²)
1	Ujung Tumpuan Kanan	Kanan	444.0254	2945.243113
2	Ujung Tumpuan Kanan	Kiri	140.6248	1963.495408
3	Ujung Tumpuan Kiri	Kiri	357.6331	2454.369261
4	Ujung Tumpuan kiri	Kanan	93.6639	1963.495408
5	Tengah Bentang	Kanan kiri	306.5426	1963.495408

- Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

- Kondisi 1

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25As \times fy}{0,85fc' \times b} = \frac{1,25 \times 2945,243 \times 390}{0,85 \times 30 \times 390}$$

$$= 160,875 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 1,25As \times fy \times \left(d - \frac{\alpha_{pr} - 1}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 748,863 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kanan)

- Kondisi 4

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25As \times fy}{0,85fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1963,495 \times 390}{0,85 \times 30 \times 390}$$

$$= 107,2497 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 1,25As \times fy \times \left(d - \frac{\alpha_{pr} - 1}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 524,907 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kiri)

- Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

- Kondisi 3

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25As \times fy}{0,85fc' \times b} = \frac{1,25 \times 2454,369 \times 390}{0,85 \times 30 \times 390}$$

$$= 134,062 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 1,25As \times fy \times \left(d - \frac{\alpha_{pr} - 1}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 640,093 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kiri)

- Kondisi 2

$$\alpha_{pr} = \frac{1,25As \times fy}{0,85fc' \times b} = \frac{1,25 \times 1963,495 \times 390}{0,85 \times 30 \times 390}$$

$$= 107,2497 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 1,25As \times fy \times \left(d - \frac{\alpha_{pr} - 1}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 524,907 \text{ kNm}$$

(searah jarum jam di tumpuan kanan)

H. Diagram Gaya Geser

Reaksi di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil hasil output SAP2000 dengan kombinasi 1,2D+1L :

$$Vg = \frac{Wu \times Ln}{2} = 25,626 \text{ kN}$$

$$Wu = \frac{Vg \times 2}{Ln} = 6,9259 \text{ kN/m}$$

Tabel 53 Konfigurasi Penulangan dan Kapasitas Momen Nominal

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kgfm)	As Pakai (mm ²)	Mpr (kNm)
1	Ujung Tumpuan Kanan	Kanan	27992.11	2945.243113	748.863
2	Ujung Tumpuan Kanan	Kiri	11372.66	1963.495408	524.907
3	Ujung Tumpuan Kiri	Kiri	27564.68	2454.369261	640.093
4	Ujung Tumpuan kiri	Kanan	11825.97	1963.495408	524.907

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway-ka}} = \frac{M_{\text{cap-1}} + M_{\text{cap-4}}}{Ln} = \frac{1273,77}{7,4}$$

$$= 172,131 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok :

$$V_{\text{sway-ka}} - V_g = 25,626 - 172,131 = -146,505 \text{ kN}$$

(arah gaya geser ke bawah)

Total reaksi geser di ujung kanan balok :

$$V_{\text{sway-ka}} + V_g = 25,626 + 172,131 = 197,757 \text{ kN}$$

(arah gaya geser ke atas)

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway-ka}} = \frac{M_{\text{cap-3}} + M_{\text{cap-2}}}{Ln} = \frac{1165}{7,4}$$

$$= 157,432 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok :

$$V_{\text{sway-ka}} + V_g = 25,626 + 157,432 = 183,058 \text{ kN}$$

(arah gaya geser ke atas)

Total reaksi geser di ujung kiri balok :

$$V_{\text{sway-ka}} - V_g = 25,626 - 157,432 = -131,806 \text{ kN}$$

(arah gaya geser ke bawah)

I. Senggang untuk Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps. 21.5.4.2 Kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu V_c harus diambil = 0 pada perencanaan geser di sendi plastis karena dianggap beton mengalami keruntuhan di sendi plastis. Syarat $V_c = 0$ apabila :

- $V_{\text{sway}} > \frac{1}{2} V_u$ terjadi
172,131 > 98,878 kN (memenuhi)

Tabel 54 Gaya Geser di Muka Kolom Tumpuan

Arah Gerakan	V_{sway} (kN)	Left Support Reaction		Right Support Reaction	
		V_u (kN)	$1/2V_u$ (kN)	V_u (kN)	$1/2V_u$ (kN)
Kanan	172.131	146.505	73.253	197.757	98.878
Kiri	157.432	183.058	91.529	131.806	65.903

- Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa kurang dari $Agfc'/20$
 $V_{\text{aksial}} < Agfc'/20$
164,355 kN < 367,5 kN (memenuhi)

Dengan demikian, $V_c = 0$ disepanjang zona sendi plastis.

Gaya geser maksimum (V_u) = 197,757 kN

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{197,757}{0,75} - 0 = 263,676 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.11.4.7.9

$$V_{s_{\text{max}}} = 0,66\sqrt{f'c}bw.d = 761,6739 \text{ kN}$$

$$V_s = 263,6795 < V_{s_{\text{max}}} = 761,6739 \text{ kN (memenuhi)}$$

Nilai tulangan (SNI 2847:2013 Ps. 11.4.7.2)

Dicoba senggang 2 kaki D13 ($A_v = 265,465 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 390 \times 602}{263,6795}$$

$$= 236,37 \text{ mm} \cong 220 \text{ mm}$$

Maka dipasang sengkang 2 kaki D13-200mm

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{S} = 283,29897 \text{ kN}$$

$$V_s = 283,29897 \text{ kN} > 263,6795 \text{ kN} \quad (\text{OK!})$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 Ps.21.5.3.1 Diperlukan hoops (sengkang tertutup) di sepanjang jarak dari sisi (muka) kolom tersebut pada daerah sendi plastis :

$$2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.21.5.3.2 Hook pertama sengkang dipasang dengan jarak 50mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

- $d/4 = 602/4 = 150,5 \text{ mm}$
- $6db = 6 \times 13 = 78 \text{ mm}$
- 150 mm

Tetapi tidak boleh kurang dari 100 mm, sehingga tulangan hoop di daerah sendi plastis sepanjang 1400 mm dipasang sengkang tertutup 2 kaki D13-150 mm

Luar zona sendi plastis

Gaya geser maksimum, V_u di luar zona sendi plastis $2h$ (1400 mm) adalah :

$$V_u = V_{u_{\text{maks}}} - 1,4W_u$$

$$= 197,75696 - (1,4 \times 6,9259)$$

$$= 188,0607 \text{ kN}$$

Pada zona ini, kontribusi V_c dipertimbangkan.

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.11.2.1.1, nilai V_c adalah

$$V_c = 0,17\lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 196,1887 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c = \frac{188,0606}{0,75} - 196,1887 = 54,559 \text{ kN}$$

Dicoba sengkang 2 kaki D13 ($A_v=265 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \times F_y \times d}{V_s} = \frac{265,46 \times 390 \times 602}{54,559}$$

$$= 1142,36 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.21.5.3.4

Spasi maksimum tulangan geser adalah :

$$d/2 = 301 \text{ mm}$$

maka dipasang tulangan sengkang 2 kaki D13-300 mm diluar zona sendi plastis.

Tabel 55 Rangkuman Perhitungan Pemeriksaan Ulang Kapasitas Momen Penampang di Zona Sendi Plastis

Case	Lokasi	Arah Gempa	Mu (kNm)	Reinforcement	As (mm ²)	de (mm ²)	ϕMn (kNm)
1	Interior Kanan	Kanan	279.9211	6 D25	2945.243	602	555.812
				3 D25			
2	Interior Kanan	Kiri	113.7266	4 D25	1963.495	602	385.324
				2 D25			
3	Interior Kiri	Kiri	275.6468	5 D25	2454.369	602	472.416
				3 D25			
4	Interior Kiri	Kanan	118.2597	4 D25	1963.495	602	385.324
				2 D25			

J. Lap Splice untuk Bentang Menerus

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.1 Sedikitnya harus ada 2 tulangan atas dan bawah yang dibuat secara menerus. Sesuai perhitungan tulangan lentur terpasang adalah lebih dari 2D25, maka sudah terpenuhi syarat ini.

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.7.10.4.5 Nilai sambungan lewatan kelas A untuk baja ulir :

$$L_d = 48d_b = 48 \times 25 = 1200 \text{ mm}$$

Tetapi berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.7.5.1 panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut :

- $l_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5,4 \sqrt{f_{ci}}} = \frac{390 \times 25}{5,4 \times \sqrt{30}} = 329,6478 \text{ mm}$
- $8d_b = 8 \times 25 = 150 \text{ mm}$

- 150 mm

Maka sambungan lewatan diambil 1200 mm

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.3 Baja tulangan yang disalurkan harus diikat dengan hoops yang dipasang dengan spasi maksimum, yaitu yang terkecil diantara $d/4$ dan 100 mm.

$$d/4 = 602/4 = 150,5 \text{ mm}$$

Maka spasi hoops di daerah penyambungan lewatan tulangan yaitu 100mm

K. Cut Off Point

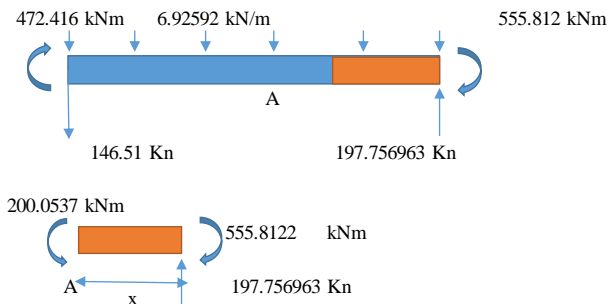
Jumlah tulangan terpasang adalah 2 lapis 6D25. 2 buah tulangan lapis atas akan dibuat menerus sepanjang balok. Sehingga $A_s \text{ sisa} = 981,7477 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{981,7477 \times 390}{0,85 \times 30 \times 390} = 42,8999 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = \phi \times A_s \times f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 981,7477 \times 390 \left(602 - \frac{42,8999}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 200,05374 \text{ kNm}$$



Gambar 58 Sketsa Lokasi Penampang Momen yang Ditinjau

Diambil penjumlahan momen di titik A untuk menentukan nilai X :

$$6,992 \times \left(\frac{1}{2}x\right) - 197,756x + (555,8122 - 200,0537) = 0$$

$$x = 1,8596 \cong 1,9 \text{ m}$$

Maka diambil cut off point sejarak 1,9 m dari muka kolom.

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.12.2.2 Untuk D22 panjang penyaluran adalah :

$$l_{d-22} = \frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot db = \frac{390,1,3,1}{1,1,1,1 \cdot \sqrt{30}} \cdot 22 = 1361,252 \text{ mm}$$

Maka diambil 1400 mm

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013 Ps.12.12.3 Mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan torsi momen negatif pada tumpuan harus ditanam melewati titik balok tidak kurang dari d , 12 db, $l_n/16$.

Jadi 5D22 harus ditanamkan sepanjang yang terbesar diantara :

- 681,6 mm + 602 = 1283,621 mm
- 681,6 mm + 300 = 981,621 mm
- 681,6 mm + 500 = 1181,621 mm
- 1400 mm

Maka tulangan 6D25 ditanamkan sejauh 1400 mm dari muka kolom.

L. Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tarik

Berdasarkan SNI2847:2013 Ps.12.5.2 Panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut. Dan penyaluran tarik kait 90° dengan selimut beton lebih dari 50mm harus dikalikan dengan faktor 0,7 menurut SNI 2847:2013 Ps.12.5.3 :

- $\left(\frac{0,24 \times f_y}{\sqrt{f_c}}\right) \cdot db = 299,06 \text{ mm}$
- 8db = 200 mm
- 150 mm

Maka sambungan lewat diambil $l_{dh} = 300 \text{ mm}$

Dengan kait 90° sepanjang 12db = 300 mm = 3000 mm

M. Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.12.3.2 Panjang penyaluran tidak kurang dari nilai berikut :

- $\left(\frac{0,24 \times f_y}{\sqrt{f_c}}\right) \cdot db = 427,224 \text{ mm}$
- $\left(\frac{0,043}{f_y}\right) \cdot db = 419,25 \text{ mm}$

Maka sambungan lewatan diambil $l_{dh} = 500 \text{ mm}$

Dengan kait 90° sepanjang $12db = 300 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$

N. Penyaluran Kait Standar Dalam Kondisi Torsi

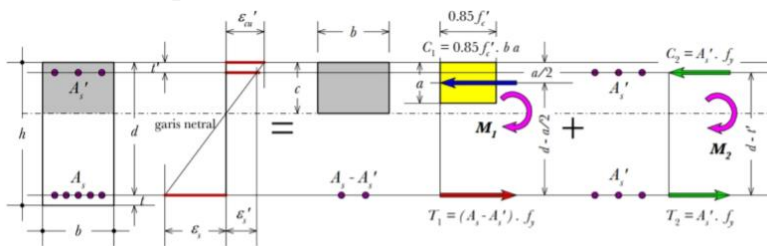
Untuk D13

- $\left(\frac{0,24 \times f_y}{\sqrt{f_c}}\right) \cdot db = 222,156 \text{ mm}$
- $\left(\frac{0,043}{f_y}\right) \cdot db = 218,01 \text{ mm}$

Maka sambungan lewatan diambil $l_{dh} = 300 \text{ mm}$

Dengan kait 90° sepanjang $12db = 156 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$

O. Cek Kapasitas Lentur



Gambar 59 Diagram Tegangan

- a. Tinggi Blok Tegangan Persegi Ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{2945,243 \times 390}{0,85 \times 25 \times 350} = 128,7 \text{ mm}$$

- b. Jarak dari Serat Tekan Terjauh ke Sumbu Netral

Sesuai pasal 10.2.7.3 SNI 2847:2013, untuk $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ dapat digunakan $\beta_1 = 0,80$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = 160,9 \text{ mm}$$

c. Regangan Tarik

$$\epsilon_t = 0,003 \times \left(\frac{dx}{c} - 1 \right) = 0,008226$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \times f_y \times (dx - 0,5a) \\ &= 492846097,2 \text{ Nmm} \\ &= 492,8461 \text{ kNm} \\ \phi M_n &= 492,8461 \text{ kNm} > M_u = 444,03 \text{ kNm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

P. Kontrol Lendutan

$$\Delta \leq \Delta \text{ ijin}$$

$$\frac{5 q l^4}{384 E I} \leq \frac{L}{16}$$

$$1,39 \leq 500 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

8.2.2 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

Tabel 56 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK INDUK								
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Torsi	Sengkang Tumpuan	Sengkang Lapangan
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan			
	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
B1	8000	350	700	Atas		2 D13	2 D13 - 150	2 D13 - 250
				6 D25	2 D25			
				Bawah				
				3 D25	4 D25			
B2	8000	300	650	Atas		2 D13	2 D13 - 130	2 D13 - 200
				5 D25	3 D25			
				Bawah				
				3 D25	5 D25			
B2	4000	300	650	Atas		2 D13	2 D13 - 130	2 D13 - 200
				5 D25	3 D25			
				Bawah				
				3 D25	5 D25			
B bordes 1	8000	300	400	Atas		-	2 Ø10 180	2 Ø10 180
				5 D13	2 D13			
				Bawah				
				3 D13	3 D13			
B bordes 2	8000	200	400	Atas		-	2 Ø10 120	2 Ø10 120
				3 D13	2 D13			
				Bawah				
				2 D13	2 D13			

8.2 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban-beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk. Berikut ini akan dibahas perhitungan penulangan kolom berdasarkan P_u ultimate terbesar, sebagai contoh perhitungan diambil kolom struktur As G-4 pada lantai 2. Berikut data yang akan digunakan dalam perencanaan :

8.2.3 Perhitungan Kolom Tipe K1 Ukuran 65x65

Dari program bantu SAP, untuk gaya paling besar yang terjadi pada kolom ukuran 65x65 terdapat pada frame 111 dengan data perencanaan dan hasil perhitungan adalah sebagai berikut:

A. Data Perencanaan

Tipe kolom	: K1 (65/65)
As kolom	: C-2
Bentang balok	: 8000 mm
Bentang kolom	: 8000 mm
Dimensi kolom	: 650/650 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 390 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	: 390 MPa
Diameter tulangan lentur	: 22 mm
Diameter tulangan geser	: 13 mm
Decking	: 40 mm

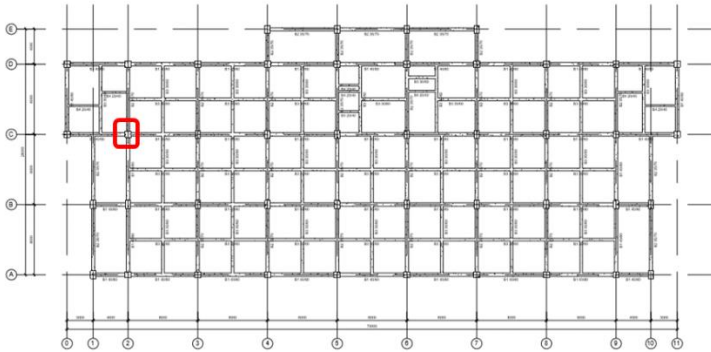
Maka, tinggi efektif kolom :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - d_{\text{senggang}} - \frac{1}{2}d_{\text{lentur}} \\
 &= 650 - 40 - 13 - 11 \\
 &= 586 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

B. Hasil Output SAP2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program bantu SAP2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan penulangan kolom.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dari analisa SAP 2000 yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa. Kolom yang ditinjau adalah kolom K1 (65/65) As C-2 pada lantai 1.



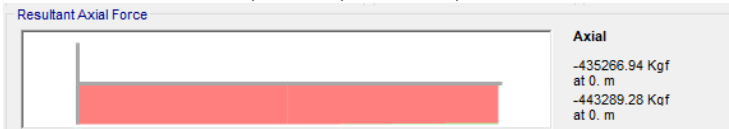
Gambar 60 Denah Posisi Kolom K-1 (65/65)

Berdasarkan hasil output SAP2000 didapatkan :

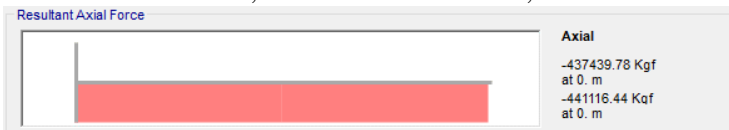
- **Gaya Aksial Kolom**



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1,6L = 497,68 \text{ kN}$$



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ex = 4432,89 \text{ kN}$$

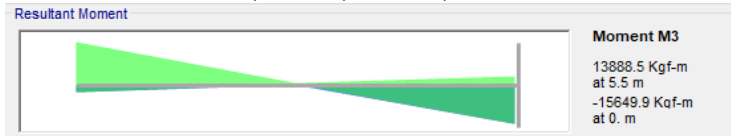


$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ey = 4411,16 \text{ kN}$$

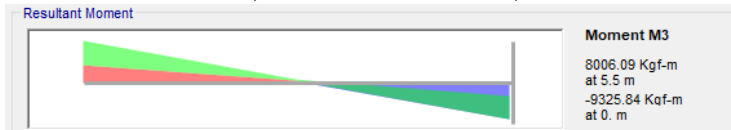
- **Momen Arah Sumbu X**



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1,6L = 77,5925 \text{ kNm}$$

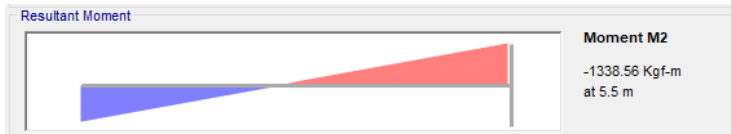


$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ex = 156,499 \text{ kNm}$$



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ey = 93,2584 \text{ kNm}$$

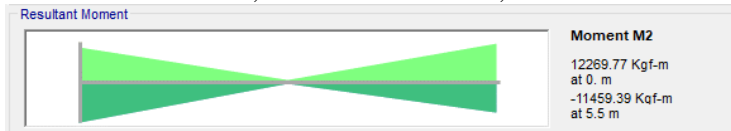
- **Momen Arah Sumbu Y**



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L = 13,3856 \text{ kNm}$$



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ex = 44,6344 \text{ kNm}$$



$$\text{Kombinasi } 1,2D + 1L + 1Ey = 122,698 \text{ kNm}$$

C. Cek Persyaratan Kolom SRPMK

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.6.1 persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

1. Gaya aksial terfaktor maksimum $> A_g \cdot f_c' / 10$

Dari hasil analisa SAP2000 gaya aksial terbesar yaitu berdasarkan kombinasi 1,2D + 1L = 4927,68 kN

$$\frac{A_g \times f_c'}{10} = \frac{650 \times 650 \times 30}{10} = 1267500 \text{ N}$$

$$= 1267,5 \text{ kN}$$

4927,68 kN $>$ 1267,5 kN (memenuhi)

2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.

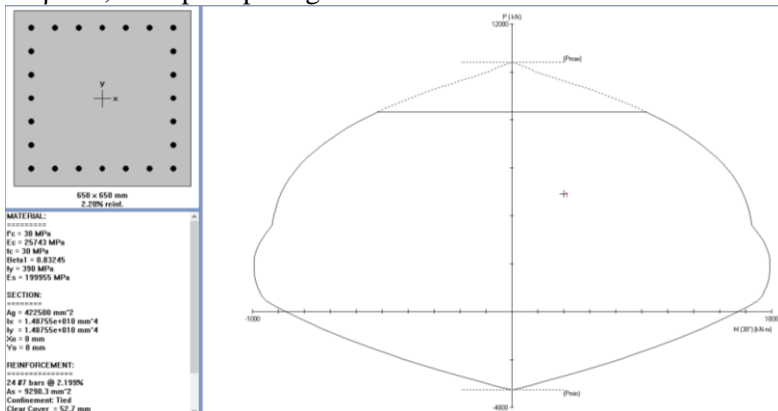
650 mm $>$ 300 mm (memenuhi)

3. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4

Rasio antara b dan h = 650/650 = 1 $>$ 0,4 (memenuhi)

D. Penulangan Lentur Kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.6.3.1 luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Berikut analisa dari PCAColumn yang menunjukkan konfigurasi tulangan longitudinal 24D22 dengan $\rho = 2,2\%$ seperti pada gambar :



Gambar 61 Diagram Interaksi P-M PCAColumn

E. Penulangan Lentur Kolom

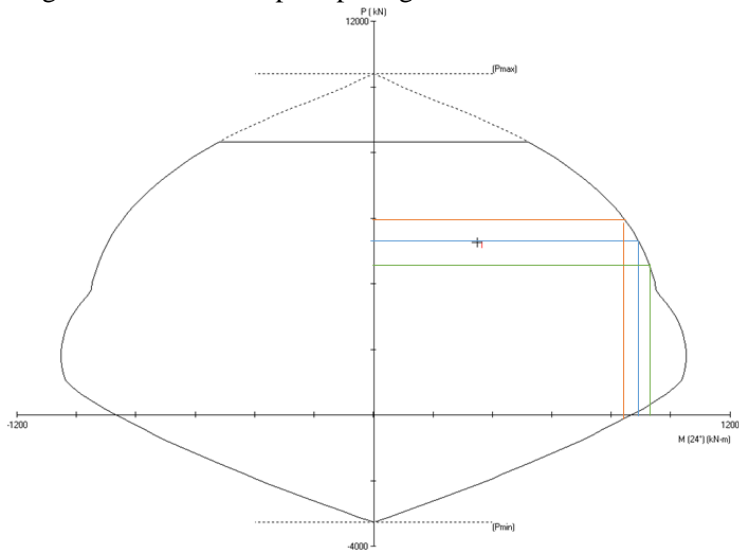
Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.6.2.2 kuat kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq \sum M_{nb}$.

$\sum M_{nc}$ = Jumlah M_n dua kolom yang bertemu di join

$\sum M_{nb}$ = Jumlah M_n dua balok yang bertemu di join termasuk sumbangan tulangan pelat di selebar efektif pelat lantai bila penampang balok adalah balok T.

$$1,2\sum M_{nb} = 1,2 \times (555,812 + 472,42) = 1233,87 \text{ kN}$$

Menentukan nilai M_{nc} didapat dari diagram interaksi P-M dengan PCAColumn seperti pada gambar berikut :



Gambar 62 Penentuan M_{nc} dengan diagram P-M PCAColumn

Keterangan :

- : Kolom pedestal atas (bawah)
- : Kolom lantai 1 (yang di didesain)
- : Kolom lantai 2 (Atas)

Berdasarkan gambar diatas didapat :

1. Kolom pedestal atas (kolom bawah)
 $\emptyset P_n$ (gaya aksial terfaktor kolom) = 5541,27 kN
 Dari diagram interaksi kolom, $\emptyset P_n$ ditarik tegak lurus ke sumbu, $\emptyset M_n$ adalah = 845 kNm
2. Kolom lantai yang ditinjau (lantai 1)
 $\emptyset P_n$ (gaya aksial terfaktor kolom) = 4927,68 kN
 Dari diagram interaksi kolom, $\emptyset P_n$ ditarik tegak lurus ke sumbu, $\emptyset M_n$ adalah = 887 kNm
3. Kolom lantai atas (lantai 2)
 $\emptyset P_n$ (gaya aksial terfaktor kolom) = 4300,67 kN
 Dari diagram interaksi kolom, $\emptyset P_n$ ditarik tegak lurus ke sumbu, $\emptyset M_n$ adalah = 911 kNm

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ (\emptyset M_{n_{\text{desain}}} + \emptyset M_{n_{\text{atas}}}) &\geq 1233,87 \text{ kN} \\ 1798 \text{ kN} &\geq 1233,87 \text{ kN (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq 1,2 \sum M_{nb} \\ (\emptyset M_{n_{\text{desain}}} + \emptyset M_{n_{\text{bawah}}}) &\geq 1233,87 \text{ kN} \\ 1732 \text{ kN} &\geq 1233,87 \text{ kN (memenuhi)} \end{aligned}$$

Maka persyaratan *strong column weak beam* terpenuhi.

F. Tulangan Transversal Sebagai Confinement

Berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.6.4.4 total luas penampang hoops tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara :

$$A_{sh} = 0,3 \left(\frac{sbc \cdot fc'}{fyt} \right) \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = \frac{0,09 \cdot sbc \cdot fc'}{fyt}$$

Bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)
 = $b_w - 2(50 + 1/2db) = 557 \text{ mm}$

Ach = luas penampang inti beton, diukur dari serat terluar hoop ke serat terluar hoop sisi lainnya

$$= (650 - (2 \times 40))^2$$

$$= 324900 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{bc \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,3 \left(\frac{557.30}{390} \right) \left(\frac{650^2}{324900} - 1 \right) = 3,8613 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{0,09 \cdot 557.30}{390} = 3,8562 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Jadi diambil nilai terbesar yaitu $3,8613 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.6.4.3 spasi maksimum hoop, S_{\max} pada daerah sepanjang l_o dari ujung kolom. Nilai S_{\max} merupakan nilai terkecil dari :

1. $b/4 = 650/4 = 162,5 \text{ mm}$

2. $6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

3. So menurut persamaan :

$$S_o \leq 100 + \frac{350 - hx}{3}$$

Hx = spasi horizontal antar tulangan

$$= bc/3 \text{ (4 tulangan)}$$

$$= 185,667 \text{ mm}$$

$$S_o = 154,778 \text{ mm}$$

Namun S_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dan tidak kurang dari 100 mm.

Dicoba spasi 120 mm

$$\frac{A_{sh}}{s} = \frac{3,8613}{120} = 463,356 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan 4 kaki D13 Ash = $530,929 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} \text{Ash}_{\text{pakai}} &> \text{Ash}_{\text{perlu}} \\ 530,929 \text{ mm}^2 &> 463,356 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.6.4.1 tulangan hoop tersebut diperlukan sepanjang l_o di masing-masing ujung kolom, l_o dipilih terbesar antara :

1. Tinggi elemen kolom (h) = 650 mm
2. 1/6 tinggi bersih kolom = 628,3 mm
3. 450 mm

Maka l_o diambil = 650 mm = 650 mm

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.6.4.5 sepanjang sisa tinggi bersih kolom (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum 150 mm atau 6 db = 132 mm. Maka dipasang 150 mm.

G. Gaya Geser Desain

1. V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr}/M_{cap} balok :

$$V_{\text{sway}} = \frac{(M_{pr_{\text{atas}}} \times DF_{\text{atas}}) + (M_{pr_{\text{bawah}}} \times DF_{\text{bawah}})}{l_u}$$

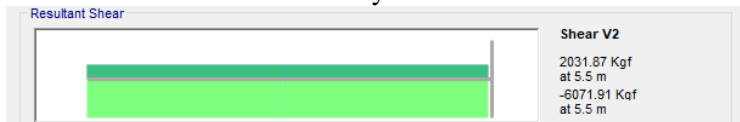
DF = faktor distribusi momen dibagian atas dan bawah kolom yang didesain.

Karena kolom lantai atas dan bawah mempunyai kekakuan yang sama maka, $DF_{\text{atas}} = DF_{\text{bawah}} = 0,5$

$$V_{\text{sway}} = \frac{(748,86 \times 524,9) + (640,09 \times 524,9) \cdot 0,5}{5,5}$$

$$V_{\text{sway}} = 221,706 \text{ kN}$$

2. Tapi V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis struktur yaitu :



Gambar 63 Gaya Geser Kolom

Besarnya nilai V_u akan ditahan oleh kuat geser beton (V_c) dan kuat geser tulangan (V_s). berdasarkan SNI 2847:2013 Ps.21.6.5.2 Nilai $V_c = 0$ apabila V_e akibat beban gempa lebih besar $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor (P_u) kurang dari $A_g \cdot f_c' / 10$.

Kolom yang didesain mempunyai nilai $P_u = 4927,68$ kN, untuk $A_g \cdot f_c' / 10 = 1267,5$ kN $< 4927,68$ kN, maka V_c boleh diperhitungkan.

$$V_c = 0,17\lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = 130,392 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 130,392 = 97,794 \text{ kN}$$

$$0,5\emptyset V_c = 48,897 \text{ kN}$$

$$V_u = 221,706 \text{ kN}$$

$$V_u / \emptyset = 295,608 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} V_c = 65,196 \text{ kN}$$

$$V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 1521,24 \text{ kN}$$

Cek kebutuhan tulangan geser :

$$V_u / \emptyset > \frac{1}{2} V_c \quad (\text{perlu tulangan geser})$$

Maka dicoba tulangan minimum pada penampang kolom

$$\frac{1}{2} \emptyset V_c < V_u < V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

(Pakai tulangan minimum)

Dipasang 4 kaki D13 Ash = 530,929 mm² jarak 100 mm

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

$$= 365,148 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash} = 530,929 \text{ mm}^2 > A_{v_{\min}} = 365,148 \text{ mm}^2$$

(memenuhi)

Untuk bentang diluar l_o

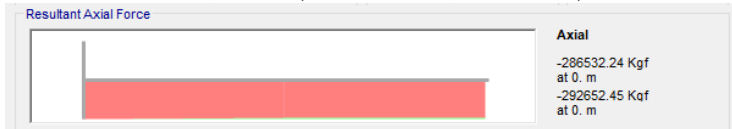
SNI 2847:2013 Ps.11.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$$

Dimana,

Nu = gaya tekan aksial terkecil dari 9 kombinasi pembebanan

Nu = 2865,32 kN (kombinasi 0,9D + 1EY)



Gambar 64 Gaya Tekan Kolom

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \cdot 0,17 \left(1 + \frac{2865,32}{14 \cdot 650 \cdot 650} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 650 \cdot 586 \\ &= 526473 \text{ N} \\ &= 526,473 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{S_{\min}} &= 0,33 \cdot bw \cdot d \\ &= 125697 \text{ N} = 125,697 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c + V_{S_{\min}} = 526,473 \text{ kN} > V_u / \phi = 125,697 \text{ kN}$$

(maka pakai tulangan minimum)

Kondisi diatas menunjukkan $\phi V_c + V_{S_{\min}}$ melebihi V_u / ϕ untuk bentang kolom diluar l_o , maka dibutuhkan tulangan sengkang minimum.

Menurut SNI 2847:2013 Ps. 21.6.4.5 Untuk tulangan transversal penahan geser untuk daerah sisa tinggi bersih kolom (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi tulangan dengan spasi minimum 150 atau $6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$. Maka dipasang 4 kaki D13 – 130 mm Ash = $530,929 \text{ mm}^2$.

$$A_{V_{\min}} = \frac{1}{3} \frac{\sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot S}{f_{yt}} = 395,577 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash} = 530,929 \text{ mm}^2 > A_{V_{\min}} \text{ (memenuhi)}$$

H. Gaya Geser Desain

Lap Splices (sambungan lewaran) dipasang di tengah tinggi kolom, dan harus diikat dengan tulangan sengkang.

Sepanjang *lap splice*, spasi tulangan transversal dipasang sesuai perhitungan confinement sebelumnya yaitu 100 mm.

Menurut SNI 2847:2013 Ps.12.17.2.2 Digunakan *class B lap splice* jika semua tulangan disalurkan di lokasi yang sama. Panjang lewatan kelas B = $1,31ld$ (Pasal 12.15.1). besarnya ld berdasarkan persamaan sesuai pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai $ktr = 0$ untuk penyederhanaan desain.

Untuk tulangan D22 maka panjang penyaluran adalah :

$$ld = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{1,1\sqrt{f_c'} \left(\frac{cb + ktr}{db} \right)} \right) db$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.2.1 Untuk cb diambil yang lebih kecil dari (a) jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan (b) setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan, mm.

$$1,3ld = 1,3 \left(\frac{390 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{1,1\sqrt{30} \left(\frac{46,5 + 0}{22} \right)} \right) 22 = 1138,65 \text{ mm}$$

Maka digunakan sambungan lewatan sepanjang 1200 mm.

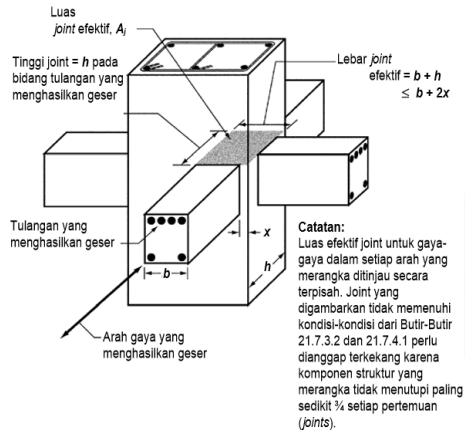
I. Rekapitulasi Penulangan Kolom

Tabel 57 Rekapitulasi Penulangan Kolom

REKAPITULASI PENULANGAN KOLOM							
Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur terpasang	Senggang		lo	lap splice
				Sejarak lo	Diluar lo		
	(mm)	(mm)		(mm)			
K1	650 X	650	24 D22	4 D13 - 120	4 D13 - 130	650	1200
K2	600 X	850	28 D22	4 D13 - 150	4 D13 - 150	630	1200
Ktangga	300 X	300	8 D19	4 D13 - 120	4 D13 - 150	630	1400
K3 atas	1000 X	1000	28 D25	4 D16 - 120	4 D16 - 150	1000	1500
K3 pedestal	1000 X	1000	28 D25	4 D16 - 120	4 D16 - 150	1000	1500

8.3 Desain Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom didesain dengan metode SRPMK, yang merupakan tempat pertemuan komponen struktur balok dan kolom yang telah didesain pada perhitungan sebelumnya.



Gambar 65 Luas Joint efektif

A. Dimensi Join

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.4.1

Luas efektif hubungan balok kolom :

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

Dengan syarat, b tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari :

- Lebar balok ditambah tinggi joint
 $b+h = 1000 \text{ mm}$
- Dua kali jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom
 $x = (650-350)/2 = 150 \text{ mm}$ (jarak sisa h dikurangi b)
 $b + 2x = 350 + 2(150) = 650 \text{ mm}$

Jadi b tidak boleh melebihi = 650 mm (memenuhi)

Sehingga dipakai lebar joint efektif = 600 mm

$$A_j = b \times h = 390000 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.2.3 Panjang joint yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di joint sedikitnya 20db. Panjang joint = $20 \times 22 = 440 \text{ mm} < h = 600 \text{ mm}$ (memenuhi).

B. Penulangan Transversal Untuk Confinement

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.3.2 Untuk joint interior dibutuhkan setidaknya-tidaknya $\frac{1}{2}$ tulangan confinement yang dibutuhkan di ujung kolom. Dari perhitungan desain kolom sebelumnya diperoleh :

$$0,5 \frac{A_{sh}}{S} = 0,5 \times 3,8613 = 1,93065 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Spasi vertikal hoop diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

Jarak bersih antar tulangan tekan dan tarik balok adalah :

$$h_{\text{balok}} - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot D_{\text{senggang}} - 2 \cdot db = 544 \text{ mm}$$

Dicoba pasang 4 hoop, yang pertama dipasang jarak 150 mm dibawah tulangan atas.

$$\text{Area tulangan hoop yang dibutuhkan} = 150 \times 1,93065 \text{ mm}^2/\text{mm} = 289,597 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 4 kaki D13 Ash = $530,929 \text{ mm}^2 > \text{Ash}_{\text{perlu}} = 289,597 \text{ mm}^2$ (memenuhi)

C. Perhitungan Geser di join dan Cek Kuat Geser

Balok yang memasuki join memiliki $M_{pr}/M_{cap} = 748,86 \text{ kNm}$ dan $524,91 \text{ kNm}$. Pada join, kekakuan kolom atas dan kekakuan kolom bawah sama, sehingga $DF = 0,5$ untuk setiap kolom, sehingga :

$$M_e = 0,5 (748,86 + 524,91) = 636,8849 \text{ kNm}$$

Geser pada kolom atas :

$$V_{\text{sway}} = (636,8849 + 636,8849) / 4,47 \text{ m} = 284,9597 \text{ kN}$$

Dibagian lapis atas kanan dan kiri balok, baja tulangan yang dipakai 6D25 ($A_s = 2945,243 \text{ mm}^2$)

Gaya tarik pada balok bagian kiri :

$$T_1 = 1,25 A_s \cdot f_y = 1,25 \times 2945,243 \times 390 = 1435,806 \text{ kN}$$

Gaya tekan pada balok kiri :

$$T_1 = C_1 = 1435,806 \text{ kN}$$

Gaya tarik pada balok bagian kanan :

$$T_2 = 1,25 A_s \cdot f_y = 1,25 \times 2945,243 \times 390 = 1435,806 \text{ kN}$$

Gaya tekan pada balok kanan :

$$T_2 = C_2 = 1435,806 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_u = V_j &= V_{\text{sway}} - T_1 - C_2 \\ &= 284,9597 - 1435,806 - 1435,806 \\ &= -2586,65 \text{ kN} \\ &= 2586,652 \text{ kN arah } T_1 \text{ ke kiri} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.7.4.1 Kuat geser nominal join yang dikekang di empat sisinya adalah :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \sqrt{f'c'} \cdot A_j \\ \phi V_n &= 1,7 \times 0,75 \sqrt{30} \times 390000 = 2723,55 \text{ kN} \\ \phi V_n &= 2723,55 \text{ kN} > V_u = 2586,652 \text{ kN (memenuhi)} \end{aligned}$$

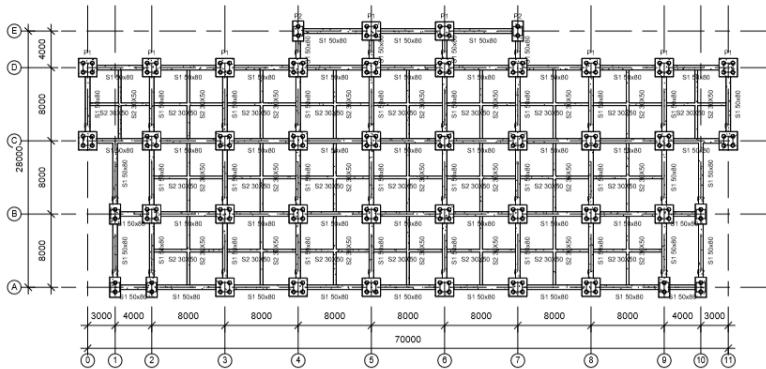
Kuat geser join memadai.

BAB X

PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

10.1 Perencanaan Pondasi

Pada perencanaan struktur pondasi, dimensi dari poer dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan besarnya gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau, sehingga akan menghasilkan pondasi yang efisien. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut :



Gambar 66 Denah Rencana Pondasi dan Sloof

9.1.1 Data Tanah

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi adalah data tanah Malang dari Testana Engineering.

9.1.2 Spesifikasi Tiang Pancang

Data Perencanaan :

Tiang pancang menggunakan produk dari PT. Wika Beton, apabila diketahui data-data sebagai berikut :

- f_c' = 30 MPa
- f_y = 390 MPa
- Kedalaman rencana = 16 m
- Diameter tiang pancang = 400 mm
- Ketebalan = 75 mm
- Kelas = C
- Bending moment crack = 9 tm
- Bending moment ultimate = 18 tm
- Allowable axial = 112 ton
- Pu tiang = 223 ton
- Panjang tiang = 6 -16 m
- Luas selimut tiang = 1,26 m
- Luas tiang = 1,26 m²
- Luas tiang = 0,13 m²

Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm2)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment (Ton.m)		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack	Ultimate	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	63.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.00	6.30	89.50
		B				5.00	8.00	86.40
		C				6.00	12.00	83.00
400	75	A3	786	191	6 - 16	6.50	9.75	134.50
		B				7.50	13.50	114.40
		B				9.00	18.00	111.50
		C						
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	143.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
C	12.50	25.00	134.90					
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.80
C	17.00	34.00	169.00					
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	35.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
C	29.00	58.00	229.50					
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.30
		B				55.70	108.20	390.80
C	70.60	129.80	367.60					
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
C	123.60	220.90	552.30					
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	784.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	258.00	754.50
C	200.00	400.00	721.10					

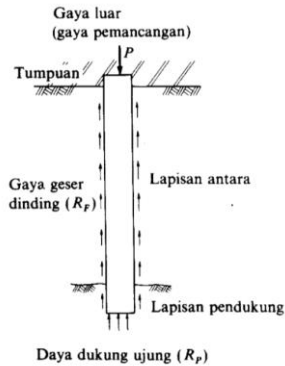
Gambar 67 Spesifikasi Tiang Pancang dari PT. Wika Beton

9.1.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung tiang dan tahanan geser pada dinding tiang, dan besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

- Disini, n : Faktor keamanan, SF=3 dan SF=2
 R_u : Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)
 R_p : Daya dukung terpusat tiang (ton)
 R_f : Gaya geser dinding tiang (ton)



Gambar 68 Mekanisme Daya Dukung Tanah

Hasil daya dukung yang menentukan dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT.

$$R_a = \frac{1}{n} R_u$$

$$R_u = q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i$$

Disini, R_a , R_u , dan n adalah besaran yang sama seperti di atas.

$$q_d = \text{Daya dukung terpusat tiang (ton)}$$

- A = Luas ujung tiang (m^2)
 U = Panjang keliling tiang (m)
 l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang
 f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

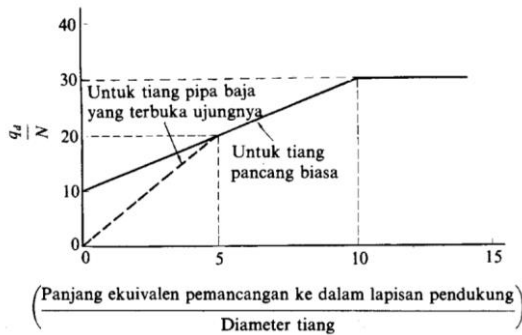
Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N . L adalah panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung. D adalah diameter tiang, \bar{N} adalah harga rata-rata N pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut ini :

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} \quad (\bar{N} \leq 40)$$

Di sini, \bar{N} : Harga N rata-rata untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang

N_1 : Harga N pada ujung tiang

\bar{N}_2 : Harga rata-rata N pada jarak $4D$ dari ujung tiang

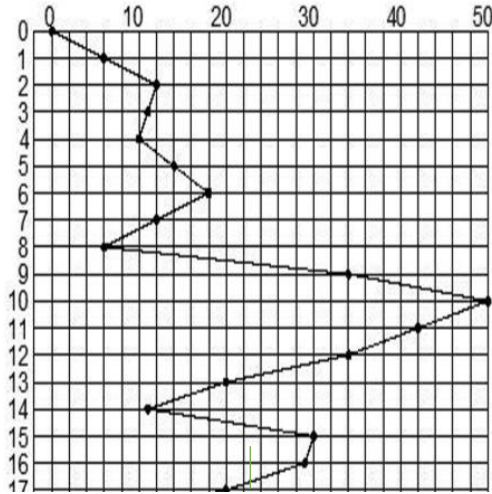


Gambar 69 Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Harga N rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang :
 $4D = 1,6 \text{ m}$ (jadi diambil 2 m rata-rata SPT diatas)

$$\bar{N}_2 = \frac{14+28+24}{3} = 22$$

$$\bar{N} = \frac{N_1 + \bar{N}_2}{2} = 23$$



Gambar 71 Contoh Panjang Penetrasi 16 m

2. Daya dukung pada ujung tiang : Karena tiang dari beton, dipakai garis titik-titik pada Gambar 94 Panjang ekuivalen penetrasi adalah $l = 1,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned} l/D &= \frac{1,5}{0,4} \\ &= 3,75 \end{aligned}$$

$$\frac{q_d}{\bar{N}} = 13,5 \text{ (grafik pada gambar 71)}$$

$$q_d = 13,5 \times 23 = 310,5 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_p = q_d \cdot A = 310,5 \times \frac{\pi D^2}{4} = 39,02 \text{ ton}$$

3. Gaya geser maksimum dinding tiang : Harga rata-rata N bagi lapisan-lapisan tanah dan f_i yang sesuai dengan

harga rata-rata N . Selanjutnya gaya geser maksimum dinding tiang dapat diperkirakan sebagai berikut :

$$U \Sigma l_i \cdot f_i = 3,14 \times 0,4 \times 152,67 = 191,85 \text{ ton}$$

4. Daya dukung yang ultimate :

$$R_u = q_a \cdot A + U \Sigma l_i \cdot f_i = 39,02 + 191,85 = 230,87$$

$$R_u = 230,87 \text{ ton}$$

5. Daya dukung yang diijinkan :

$$\text{Waktu normal, } R_a = \frac{R_u}{n} = \frac{230,87}{3} = 76,955 \text{ ton}$$

$$\text{Waktu gempa, } R_a = \frac{R_u}{n} = \frac{230,87}{2} = 115,433 \text{ ton}$$

6. Kontrol ($P_{\text{tiang}} > P_u$ ijin)

$$P_{\text{tiang}} = 2 \times 112 \text{ ton}$$

$$= 223 \text{ ton}$$

Waktu normal, 223 ton > 76,955 ton (memenuhi)

Waktu gempa, 223 ton > 115,433 ton (memenuhi)

qd (ton/m ²)	Qp (ton)	f _i (t/m ²)	f _i · L _i (t·m)	∑ f _i · L _i (ton)	Q _s = A · ∑ f _i · L _i (ton)	Q _s = Q _s + Q _p (ton)	Qallow SF3 (ton)	Qallow SF2 (ton)	Qallow cabut SF3 (ton)	Qallow cabut SF2 (ton)	Cek (SF=3)	Cek (SF=2)	Cek (Qu)
120.00	15.08	12.00	12.00	12.00	15.08	30.16	10.053	3.770	3.519	5.278	OK	OK	OK
132.00	16.59	12.00	24.00	24.00	30.16	46.75	15.582	23.373	7.037	10.556	OK	OK	OK
124.67	15.67	11.00	35.00	35.00	43.98	59.65	19.883	29.824	10.263	15.394	OK	OK	OK
136.50	17.15	10.00	45.00	45.00	56.55	73.70	24.567	36.851	13.195	19.792	OK	OK	OK
205.33	25.80	12.00	57.00	57.00	71.63	97.43	32.477	48.716	16.713	25.070	OK	OK	OK
208.00	26.14	12.00	69.00	69.00	86.71	112.85	37.615	56.423	20.232	30.348	OK	OK	OK
186.67	23.46	3.24	3.24	72.24	90.79	114.24	38.081	57.121	21.183	31.775	OK	OK	OK
133.00	16.71	5.02	5.02	77.27	97.10	113.81	37.936	56.905	22.656	33.984	OK	OK	OK
260.33	32.71	6.91	84.18	84.18	105.78	138.50	46.165	69.248	24.682	37.023	OK	OK	OK
448.00	56.30	7.87	7.87	92.04	115.67	171.96	57.321	85.982	26.989	40.483	OK	OK	OK
448.00	56.30	7.02	7.02	99.07	124.49	180.79	60.263	90.394	29.048	43.572	OK	OK	OK
684.00	85.95	5.60	5.60	104.67	131.53	217.48	72.494	108.741	30.690	46.035	OK	OK	OK
369.00	46.37	12.00	12.00	116.67	146.61	192.98	64.326	96.489	34.208	51.313	OK	OK	OK
242.67	30.49	12.00	12.00	128.67	161.69	192.18	64.061	96.091	37.727	56.591	OK	OK	OK
330.53	41.54	12.00	12.00	140.67	176.77	218.30	72.768	109.151	41.246	61.868	OK	OK	OK
310.50	39.02	12.00	12.00	152.67	191.85	230.87	76.955	115.433	44.764	67.146	OK	OK	OK
242.00	30.41	12.00	12.00	164.67	206.93	237.34	79.112	118.668	48.283	72.424	OK	OK	NOK
136.80	17.19	8.00	8.00	172.67	216.98	234.17	78.057	117.085	50.629	75.943	OK	OK	NOK
193.33	24.29	12.00	12.00	184.67	232.06	256.35	85.451	128.177	54.147	81.221	OK	OK	NOK
336.00	42.22	12.00	12.00	196.67	247.14	289.36	96.454	144.681	57.666	86.499	OK	OK	NOK
381.33	47.92	12.00	12.00	208.67	262.22	310.14	103.379	155.069	61.884	91.776	OK	OK	NOK
450.00	56.55	12.00	12.00	220.67	277.30	333.85	111.282	166.923	64.703	97.054	OK	OK	NOK
343.93	43.22	12.00	12.00	232.67	292.38	335.60	111.866	167.799	68.221	102.332	OK	OK	NOK
353.17	44.38	12.00	12.00	244.67	307.46	351.84	117.279	175.919	71.740	107.610	OK	OK	NOK
463.67	58.27	7.71	7.71	252.38	317.15	375.41	125.138	187.707	74.001	111.002	OK	OK	NOK
520.00	65.35	8.00	8.00	260.38	327.20	392.55	130.848	196.273	76.347	114.520	OK	OK	NOK
520.00	65.35	8.00	8.00	268.38	337.25	402.60	134.200	201.299	78.692	118.039	OK	OK	NOK
520.00	65.35	8.00	8.00	276.38	347.31	412.65	137.551	206.326	81.038	121.557	OK	OK	NOK
520.00	65.35	8.00	8.00	284.38	357.36	422.70	140.902	211.352	83.384	125.076	OK	OK	NOK
520.00	65.35	8.00	8.00	292.38	367.41	432.76	144.253	216.379	85.730	128.594	OK	OK	NOK
				∑ f _i · L _i =	28.00								

Gambar 72 Tabel perhitungan daya dukung tiang per meter

Untuk daya dukung pondasi grup, terlebih dahulu dikoreksi dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi C_e .

$$Q_{L(grup)} = Q_{u(tunggal)} \times n \times \eta$$

Dengan n = jumlah tiang dalam grup

Daya dukung pondasi kelompok menurut *Converse Labarre* adalah :

Efisiensi :

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1) \cdot n + (n-1) \cdot m}{90 \cdot m \cdot n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = Diameter tiang pancang

S = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekuivalen (P_v) yang bekerja pada sebuah tiang adalah

$$P_{max} = \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2}$$

Dimana :

P_i = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

y_{max} = Jarak maksimum tiang yang ditinjau arah y

x_{max} = Jarak maksimum tiang yang ditinjau arah x

$\sum x_i^2$ = Jumlah kuadrat jarak tiang terhadap as poer arah x

$\sum y_i^2$ = Jumlah kudrat jarak tiang terhadap as poer arah y

9.1.4 Perhitungan Pondasi Tipe 1

Qallowable bahan tiang diketahui 223 ton, dan nilai $\frac{1}{2}$ Qallowable bahan adalah 112 ton. Daya dukung tanah ijin didapat pada kedalaman 16 meter dengan Q ijin tanah sebesar

76,955 ton ($SF = 3$) dan 112 ton $< 135,742$ ton maka dipakai Qijin untuk gempa adalah 112 ton ($SF = 2$)

A. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$80 \text{ cm} \leq S \leq 120 \text{ cm}$$

Jadi dipakai $S = 100 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$1D \leq S' \leq 2D$$

$$40 \text{ cm} \leq S' \leq 80 \text{ cm}$$

Jadi dipakai $S = 50 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer :

$$b = 100 \text{ cm} + 100 \text{ cm} + 50 \text{ cm} + 50 \text{ cm} = 200 \text{ cm} = 2 \text{ m}$$

Apabila $b = h$, maka $h = 2 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal $90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$

B. Gaya yang terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP2000, diketahui gaya – gaya yang terjadi pada joint 515 yakni sebagai berikut :

- Akibat beban tetap (1DL + 1LL)

$$P = 237,34 \text{ ton}$$

$$M_x = 4,9813 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 0,024 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,0017 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,0312 \text{ ton}$$

$$\Sigma M_x = M_x + V_y \cdot d$$

$$= 4,9813 \text{ ton.m} + 0,0312 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 &= 5,0094 \text{ ton.m} \\
 \Sigma My &= My + V_x \cdot d \\
 &= 0,024 \text{ ton.m} + 0,0017 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 0,026 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah x (1DL + 1LL + 1Ex)

$$\begin{aligned}
 P &= 242,07 \text{ ton} \\
 M_x &= 3,6383 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 0,046 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 3,2634 \text{ ton} \\
 V_y &= 0,9371 \text{ ton} \\
 \Sigma M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 3,6383 \text{ ton.m} + 0,9371 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 4,4817 \text{ ton.m} \\
 \Sigma M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 0,046 \text{ ton.m} + 3,2634 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 7,4897 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

- Akibat beban sementara arah y (1DL + 1LL + 1Ey)

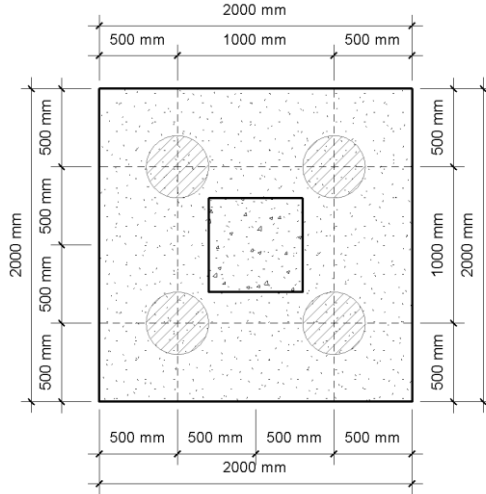
$$\begin{aligned}
 P &= 258,46 \text{ ton} \\
 M_x &= 0,5056 \text{ ton.m} \\
 M_y &= 0,014 \text{ ton.m} \\
 V_x &= 0,9803 \text{ ton} \\
 V_y &= 3,1936 \text{ ton} \\
 \Sigma M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 0,5056 \text{ ton.m} + 3,1936 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 3,3799 \text{ ton.m} \\
 \Sigma M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 0,014 \text{ ton.m} + 0,9803 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 2,2653 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut :

Metode *Converce-Labarre*

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$



Gambar 73 Pondasi Tipe 1

Dimana :

D = Diameter tiang pancang = 0,4 m

S = Jarak antar tiang pancang = 1 m

m = Jumlah baris tiang dalam grup = 2

n = Jumlah kolom tiang dalam grup = 2

Sehingga,

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{0,4}{1} \right) \left(\frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.2.2} \right) \right\} = 0,7578$$

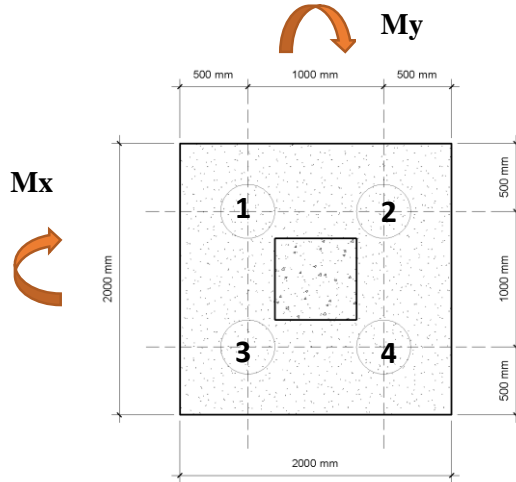
P ijin kelompok = $\eta \times P_{ijin}$

$$= 0,75 \times 76,955 = 57,7163 \text{ ton (normal)}$$

P ijin kelompok = $\eta \times P_{ijin}$

$$= 0,75 \times 112 = 84,49 \text{ ton (gempa)}$$

D. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 74 Gaya yang terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah :

Tabel 59 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	-0.50	0.250	0.5	0.250
2	0.5	0.250	0.5	0.250
3	-0.50	0.250	-0.5	0.250
4	0.5	0.250	-0.5	0.250
	$\Sigma x^2 =$	1.000	$\Sigma y^2 =$	1.000

- Perhitungan akibat beban tetap :

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2} \\
 P1 &= \frac{237,34}{4} - \frac{4,981 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,024 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 56,856 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P2 &= \frac{237,34}{4} + \frac{4,981 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,024 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 61,837 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P3 &= \frac{237,34}{4} - \frac{4,981 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,024 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 56,831 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P4 &= \frac{237,34}{4} + \frac{4,981 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,024 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 61,813 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah X :

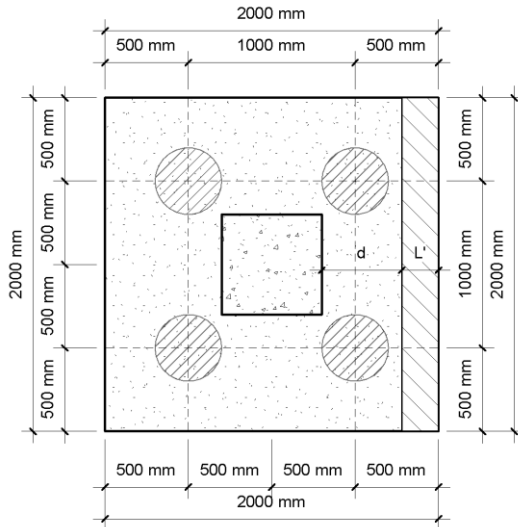
$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2} \\
 P1 &= \frac{242,07}{4} - \frac{3,638 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,046 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 56,423 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P2 &= \frac{242,07}{4} + \frac{3,638 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,046 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 60,061 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P3 &= \frac{242,07}{4} - \frac{3,638 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,046 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 60,976 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P4 &= \frac{242,07}{4} + \frac{3,638 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,046 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 64,614 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah Y :

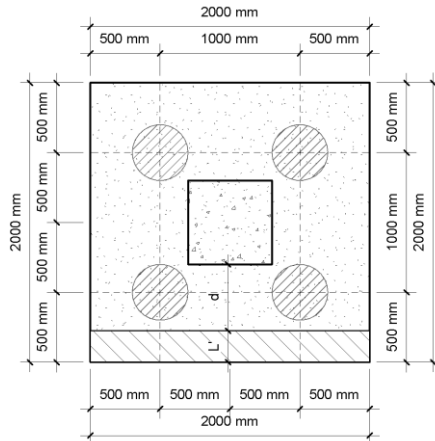
$$\begin{aligned}
 P_{max} &= \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2} \\
 P1 &= \frac{258,46}{4} - \frac{0,506 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,014 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 63,67 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK}) \\
 P2 &= \frac{258,46}{4} + \frac{0,506 \cdot 0,5}{1} - \frac{0,014 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 64,175 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3 &= \frac{258,46}{4} - \frac{0,506 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,014 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 65,053 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} && \text{(OK)} \\
 P4 &= \frac{258,46}{4} + \frac{0,506 \cdot 0,5}{1} + \frac{0,014 \cdot 0,5}{1} \\
 &= 65,558 \text{ ton} < 84,5 \text{ ton} && \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

E. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 75 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom arah X



Gambar 76 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom Arah Y

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur arah X:

$$d = h - t - \text{diameter tul. Poer} - \text{diameter tul. Poer} / 2$$

$$d = 900 - 75 - 25 - 25 / 2$$

$$d = 787,5 \text{ mm}$$

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur arah Y:

$$d = h - t - \text{diameter tul. Poer} / 2$$

$$d = 900 - 75 - 25 / 2$$

$$d = 812,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP2000, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor $(1,2D + 1,6L)$:

$$P_u = 287 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{287 \text{ ton}}{2 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}} = 0,72 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u (arah x)

$$V_u = Q_u \times b \times L_x'$$

$$L_x' = (0,5 \cdot b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d$$

$$= (0,5 \cdot 2000 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 1000 \text{ mm}) - 787,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= -287,5 \text{ mm} \\
 V_{u_x} &= 0,7174 \times 2000 \times -287,5 \\
 &= -412517,2619 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u (arah y)

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \times b \times L_y' \\
 L_y' &= (0,5 \cdot b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d \\
 &= (0,5 \cdot 2000 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 1000 \text{ mm}) - 812,5 \text{ mm} \\
 &= -312,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u_y} &= 0,7174 \times 2000 \times -312,5 \\
 &= -448388,3281 \text{ N}
 \end{aligned}$$

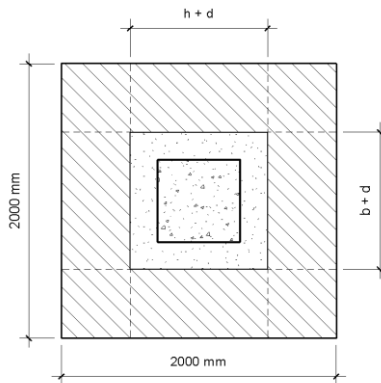
Gaya geser yang mampu dipikul beton, V_c (arah x)

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,17 \cdot \sqrt{30} \cdot 2000 \text{ mm} \cdot 787,5 \text{ mm} \\
 &= 1466527,148 \text{ N} > V_u = 89500 \text{ N} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul beton, V_c (arah y)

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,17 \cdot \sqrt{30} \cdot 2000 \text{ mm} \cdot 812,5 \text{ mm} \\
 &= 1513083,565 \text{ N} > V_u = 53700 \text{ N} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

F. Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

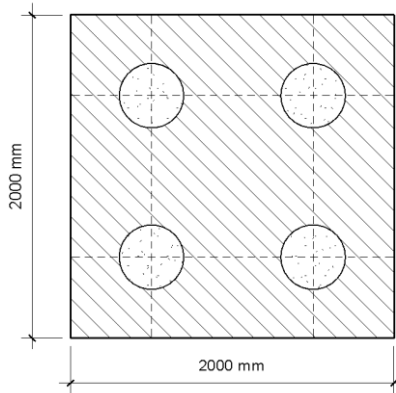


Gambar 77 Bidang Kritis Geser Dua Arah
Akibat Kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - [(b_{\text{kolom}} + d) \times (h_{\text{kolom}} + d)] \\ &= (2000 \text{ mm} \cdot 2000 \text{ mm}) - [(1000 \text{ mm} + 787,5 \text{ mm}) \times \\ &\quad (1000 \text{ mm} + 812,5 \text{ mm})] \\ &= 760156,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,72 \text{ N/mm}^2 \cdot 760156,25 \text{ mm}^2 \\ &= 545352,34 \text{ N} = 545,35 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 78 Bidang Kritis Geser Dua Arah
Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni :

$$\begin{aligned} P_u &= 258,46 \text{ ton} \\ Q_u &= \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{258,46}{2 \cdot 2} = 0,65 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - n \times A_{\text{tiang}} \\ &= (2000 \cdot 2000) - 4 \times 0,126 \\ &= 3497345 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_u = Q_u \cdot A_t$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,65 \text{ N/mm}^2 \cdot 3497345 \text{ mm}^2 \\
 &= 2259,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 2259,8 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

- $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana,

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 1000 \text{ mm} / 1000 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4d$$

$$= 2 \cdot (1000 \text{ mm} + 1000 \text{ mm}) + 4 \cdot 787,5 \text{ mm}$$

$$= 7150 \text{ mm (arah x)}$$

$$= 7250 \text{ mm (arah y)}$$

λ = 1 (untuk beton normal)

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} \text{MPa} \cdot 7150 \text{mm} \cdot 787,5 \text{mm} \\
 &= 15729 \text{ kN (arah x)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} \text{MPa} \cdot 7250 \text{mm} \cdot 812,5 \text{mm} \\
 &= 16455 \text{ kN (arah y)}
 \end{aligned}$$

- $V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana,

α_s = 40 (kolom tengah)

α_s = 30 (kolom tepi)

α_s = 20 (kolom sudut)

Maka,

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 787,5}{7150} + 2 \right) 1\sqrt{30} \cdot 7150 \cdot 787,5$$

$$V_c = 10177 \text{ kN (arah x)}$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 812,5}{7250} + 2 \right) 1\sqrt{30} \cdot 7250 \cdot 812,5$$

$$V_c = 10500 \text{ kN (arah y)}$$

- $$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 7150 \cdot 787,5$$

$$V_c = 10177 \text{ kN (arah x)}$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 7250 \cdot 812,5$$

$$V_c = 10500 \text{ kN (arah y)}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 10177 \text{ kN}$

$$V_u = 2259,8 \text{ kN} < V_c = 10177 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

G. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever sengan perletakan jepit paada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

$$b_{\text{poer}} = 2000 \text{ mm}$$

$$h_{\text{poer}} = 2000 \text{ mm}$$

$$t_{\text{poer}} = 900 \text{ mm}$$

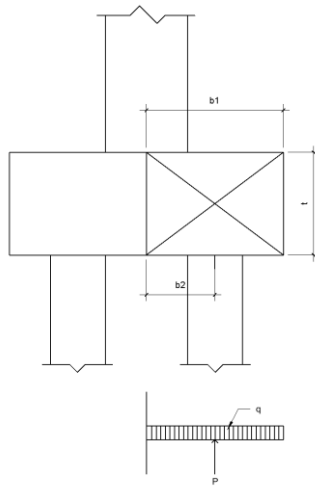
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$dx = 900 - 75 - 25 - 25/2 = 787,5 \text{ mm}$$

$$dy = 900 - 75 - 25 / 2 = 812,5 \text{ mm}$$

- Penulangan poer arah X



Gambar 79 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b_1 &= \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\
 &= (2 \text{ m} - (0,5 \cdot 2 \text{ m})) = 1 \text{ m} \\
 b_2 &= \text{jarak dari as tiang ke tepi kolom} \\
 &= 1 \text{ m} / 2 = 0,5 \text{ m} \\
 q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 1 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4320 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah :

$$P_u = 65,558 \text{ ton}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\
 &= -(0,5 \cdot 4320 \cdot (1^2)) + (65558 \times 0,5) \\
 &= 30619 \text{ kgm} = 30619192,5 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{30619192,5}{0,8 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 787,5^2} = 0,0617 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 15,3 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{15,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,3 \cdot 0,0617}{390}} \right)$$

$$= 0,0021$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0036$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0036$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0036 \cdot 1000 \cdot 787,5$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 3272,492 \text{ mm}^2$$

Dicoba pakai D25 jarak 150 mm

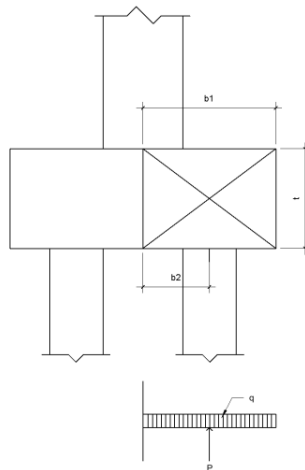
$$A_{S_{\text{pakai}}} = (A_s D \cdot b) / s = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2 \cdot 1000) / 150$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- Penulangan Poer Arah Y



Gambar 80 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

b_1 = jarak dari ujung poer ke as kolom

$$\begin{aligned}
 &= (2 \text{ m} - (0,5 \cdot 2 \text{ m})) = 1 \text{ m} \\
 b_2 &= \text{jarak dari as tiang ke kolom} \\
 &= 1 \text{ m} / 2 = 0,5 \text{ m} \\
 q_u &= \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\
 &= 1 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4320 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah :

$$P_u = 65,558 \text{ ton}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah :

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\
 &= -(0,5 \cdot 4320 \cdot (1^2)) + (65558 \times 0,5) \\
 &= 30619 \text{ kgm} = 30619192,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{30619192,5}{0,8 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 812,5^2} = 0,5798 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 15,7 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{15,7} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,7 \cdot 0,5798}{400}} \right) \\
 &= 0,0015
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 812,5$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 2843,75 \text{ mm}^2$$

Dicoba pakai D25 jarak 150 mm

$$A_{s_{\text{pakai}}} = (A_s D \cdot b) / s = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2 \cdot 1000) / 150$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150mm

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

H. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 2000 \times 2000 = 4000000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada dasar kolom, N1
 $P_u = 258,46 \text{ ton} = 2584,6 \text{ kN}$
 $N1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 1000000$
 $= 16575000 \text{ N}$
 $= 16575 \text{ kN} > 2585 \text{ kN} \quad (\text{OK})$
- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{4000000}{1000000}} = 2$$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 10.14.1, nilai

$\sqrt{\frac{A2}{A1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2

Maka,

$$\begin{aligned} N2 &= 2 \cdot N1 = 2(16575 \text{ kN}) \\ &= 33150 \text{ kN} > 2585 \text{ kN} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu, sehingga

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= 0,005 \cdot 1000\text{mm} \cdot 1000\text{mm} \\ &= 5000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan 12D25 dengan $A_s = 5890,49 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}}$ (memenuhi)

I. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara :

$$l_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d = \frac{0,24 \cdot 390}{1 \cdot \sqrt{30}} \cdot 25 = 427 \text{ mm}$$

$$ldc2 = 0,043 \cdot db \cdot fy = 0,043 \cdot 25 \cdot 390 = 419,25 \text{ mm}$$

Dipakai nilai ldc terbesar = 427,22 mm = 500 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut :

$$ld = \left(\frac{fy \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'}} \right) \cdot db$$

$$ld = \left(\frac{390 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 1047,1 = 1100 \text{ mm}$$

9.1.5 Perhitungan Pondasi Tipe 2

Tiang pancang pada pondasi tipe 2 menggunakan diameter 400mm. Qallowable bahan tiang diketahui 223 ton, dan nilai $\frac{1}{2}$ Qallowable bahan adalah 112 ton. Daya dukung tanah ijin didapat pada kedalaman 16 meter dengan Q ijin tanah sebesar 76,955 ton (SF = 3) dan 112 ton < 135,742 ton maka dipakai Qijin untuk gempa adalah 112 ton (SF = 2)

A. Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa :

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$80 \text{ cm} \leq S \leq 120 \text{ cm}$$

Jadi dipakai S = 100 cm

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$1D \leq S' \leq 2D$$

$$40 \text{ cm} \leq S' \leq 80 \text{ cm}$$

Jadi dipakai S = 60 cm

Sehingga total lebar poer :

$$h = 100 \text{ cm} + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 220 \text{ cm} = 2,2 \text{ m}$$

Apabila jumlah tiang adalah 2, maka $b = 1,2 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal $90 \text{ cm} = 0,9 \text{ m}$

B. Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP2000, diketahui gaya – gaya yang terjadi pada joint 532 yakni sebagai berikut :

- Akibat beban tetap (1D + 1LL)

$$P = 129,301 \text{ ton}$$

$$M_x = 3,081 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 9,5 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 0,0202 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,0209 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 3,081 \text{ ton.m} + 0,0209 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\ &= 3,10006 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 9,5 \text{ ton.m} + 0,0202 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\ &= 9,55623 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

- Akibat beban tetap (1D + 1LL + 1Ex)

$$P = 178,631 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,73413 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 14,052 \text{ ton.m}$$

$$V_x = 3,2312 \text{ ton}$$

$$V_y = 0,9601 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_x &= M_x + V_y \cdot d \\ &= 1,73413 \text{ ton.m} + 0,96 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\ &= 2,58877 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_y &= M_y + V_x \cdot d \\ &= 14,052 \text{ ton.m} + 3,2312 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\ &= 19,9601 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

- Akibat beban tetap (1D + 1LL + 1Ey)

$$P = 192,202 \text{ ton}$$

$$M_x = 1,39034 \text{ ton.m}$$

$$M_y = 11,0 \text{ ton.m}$$

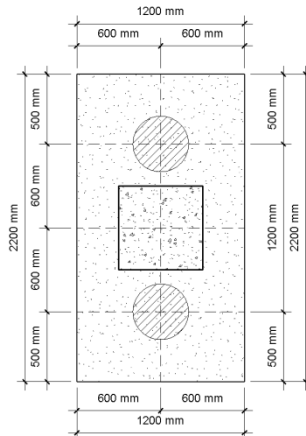
$$\begin{aligned}
 V_x &= 0,9554 \text{ ton} \\
 V_y &= 3,2002 \text{ ton} \\
 \Sigma M_x &= M_x + V_y \cdot d \\
 &= 1,39034 \text{ ton.m} + 3,2002 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 4,27052 \text{ ton.m} \\
 \Sigma M_y &= M_y + V_x \cdot d \\
 &= 11 \text{ ton.m} + 0,9554 \text{ ton} \cdot 0,9 \text{ m} \\
 &= 11,7523 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

C. Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, Perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut :

Metode *Converce-Labarre*

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1) \cdot n + (n-1) \cdot m}{90 \cdot m \cdot n} \right) \right\}$$



Gambar 81 Pondasi Tipe 2

Dimana :

D = Diameter tiang pancang = 0,4 m

S	= Jarak antar tiang pancang	= 1 m
m	= Jumlah baris tiang dalam grup	= 2
n	= Jumlah kolom tiang dalam grup	= 1

Sehingga,

$$\eta = 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{0,45}{1,2} \right) \left(\frac{(1-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 1}{90 \cdot 2 \cdot 2} \right) \right\} = 0,8789$$

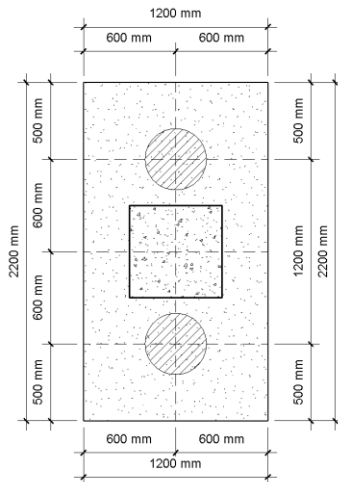
$$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P_{ijin}$$

$$= 0,8789 \times 76,955 = 67,6358 \text{ ton (normal)}$$

$$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P_{ijin}$$

$$= 0,8789 \times 112 = 98 \text{ ton (gempa)}$$

D. Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 82 Gaya yang Terjadi pada Poer dan Pancang

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah :

Tabel 60 Tabel Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	0.00	0.000	0.5	0.250
2	0.00	0.000	-0.5	0.250
	$\Sigma x^2=$	0.000	$\Sigma y^2=$	0.500

- Perhitungan akibat beban tetap :

$$P_{max} = \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2}$$

$$P1 = \frac{129,3}{2} - \frac{3,081 \cdot 0,5}{0,5} + 0$$

$$= 29,244 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

$$P2 = \frac{129,3}{2} + \frac{3,081 \cdot 0,5}{0,5} + 0$$

$$= 29,244 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah X :

$$P_{max} = \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2}$$

$$P1 = \frac{178,6}{2} - \frac{1,734 \cdot 0,5}{0,5} - 0$$

$$= 42,924 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

$$P2 = \frac{178,6}{2} + \frac{1,734 \cdot 0,5}{0,5} - 0$$

$$= 42,924 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

- Perhitungan akibat beban sementara arah Y :

$$P_{max} = \frac{P}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{x_i^2}$$

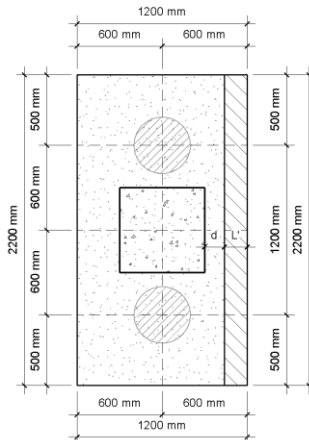
$$P1 = \frac{192,2}{2} - \frac{1,39 \cdot 0,5}{0,5} - 0$$

$$= 46,66 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

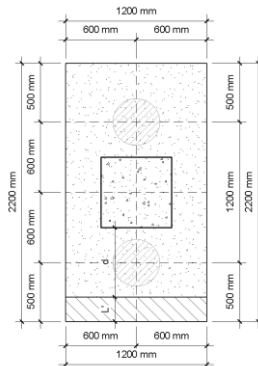
$$P2 = \frac{192,2}{2} + \frac{1,39 \cdot 0,5}{0,5} - 0$$

$$= 46,66 \text{ ton} < 98 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

E. Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 83 Bidang Geser Kritis Satu Arah
Akibat Kolom Arah X



Gambar 84 Bidang Geser Kritis Satu Arah
Akibat Kolom Arah Y

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur arah X:
 $d = h - t - \text{diameter tul. Poer} - \text{diameter tul. Poer} / 2$
 $d = 900 - 75 - 25 - 25 / 2$
 $d = 787,5 \text{ mm}$

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur arah Y:

$$d = h - t - \text{diameter tul. Poer} / 2$$

$$d = 900 - 75 - 25 / 2$$

$$d = 812,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP2000, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L) :

$$P_u = 206 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{206 \text{ ton}}{1,2m \cdot 2,2m} = 0,43 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u (arah x)

$$V_u = Q_u \times b \times L_x'$$

$$\begin{aligned} L_x' &= (0,5 \cdot h_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d \\ &= (0,5 \cdot 2200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 1000 \text{ mm}) - 787,5 \text{ mm} \\ &= -688 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_x} &= 0,426 \times 1200 \times -688 \\ &= -351124,8239 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u (arah y)

$$V_u = Q_u \times b \times L_y'$$

$$\begin{aligned} L_y' &= (0,5 \cdot b_{\text{poer}}) - (0,5 \cdot b_{\text{kolom}}) - d \\ &= (0,5 \cdot 1200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 1000 \text{ mm}) - 812,5 \text{ mm} \\ &= -713 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u_y} &= 0,426 \times 1200 \times -713 \\ &= -363892,9993 \text{ N} \end{aligned}$$

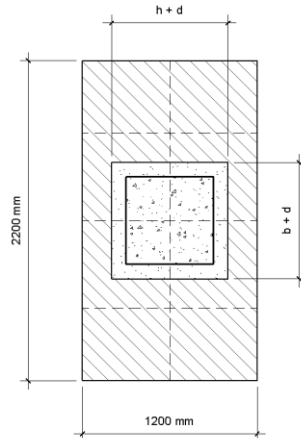
Gaya geser yang mampu dipikul beton, V_c (arah x)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{30} \cdot 2200 \text{ mm} \cdot 787,5 \text{ mm} \\ &= 879916,2886 \text{ N} > V_u \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu dipikul beton, V_c (arah y)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,17 \cdot \sqrt{30} \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 812,5 \text{ mm} \\ &= 907850,1391 \text{ N} > V_u \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

F. Cek Perhitungan Geser Dua Arah Pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

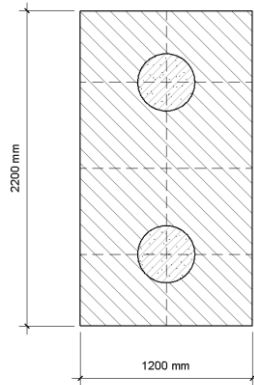


Gambar 85 Bidang Geser Kritis Dua Arah Akibat Kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - [(b_{\text{kolom}} + d) \times (h_{\text{kolom}} + d)] \\
 &= (1200 \text{ mm} \cdot 2200 \text{ mm}) - [(1000 \text{ mm} + 787,5 \text{ mm}) \times \\
 &\quad (1000 \text{ mm} + 812,5 \text{ mm})] \\
 &= -1799843,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 0,43 \text{ N/mm}^2 \cdot -1799843,75 \text{ mm}^2 \\
 &= -766024,0239 \text{ N} = -766 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 86 Bidang Geser Kritis Dua Arah
Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 192,2 \text{ ton} \\
 Q_u &= \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{192,2}{1,2 \cdot 2,2} = 1,33 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned}
 A_t &= (b_{\text{poer}} \cdot h_{\text{poer}}) - n \times A_{\text{tiang}} \\
 &= (1200 \cdot 2200) - 2 \times 1,33 \\
 &= 4337345,175 \text{ mm}^2 \\
 V_u &= Q_u \cdot A_t \\
 &= 1,33 \text{ N/mm}^2 \cdot 4337345,175 \text{ mm}^2 \\
 &= 5789 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 5789 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan pelat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

- $V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana,

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 1000 \text{ mm} / 1000 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b_{\text{kolom}} + h_{\text{kolom}}) + 4d$$

$$= 2 \cdot (1000 \text{ mm} + 1000 \text{ mm}) + 4 \cdot 787,5 \text{ mm}$$

$$= 7150 \text{ mm (arah x)}$$

$$= 7250 \text{ mm (arah y)}$$

λ = 1 (untuk beton normal)

Maka,

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} \text{ MPa} \cdot 7150 \text{ mm} \cdot 787,5 \text{ mm}$$

$$= 15728,5 \text{ kN (arah x)}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1\sqrt{30} \text{ MPa} \cdot 7250 \text{ mm} \cdot 812,5 \text{ mm}$$

$$= 16454,8 \text{ kN (arah y)}$$

- $V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

α_s = 40 (kolom tengah)

α_s = 30 (kolom tepi)

α_s = 20 (kolom sudut)

Maka,

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 787,5}{7150} + 2\right) 1\sqrt{30} \cdot 7150 \cdot 787,5$$

$$V_c = 16396,6 \text{ kN (arah x)}$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{40 \times 812,5}{7250} + 2\right) 1\sqrt{30} \cdot 7250 \cdot 812,5$$

$$V_c = 17286,5 \text{ kN (arah y)}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \sqrt{f'c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 7150 \cdot 787,5$$

$$V_c = 10177,3 \text{ kN (arah x)}$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 7250 \cdot 812,5$$

$$V_c = 10500,4 \text{ kN (arah y)}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 10177,3 \text{ kN}$
 $V_u = 5789,22 \text{ kN} < V_c = 10177,3 \text{ kN}$

G. Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever sengan perletakan jepit paada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui :

$$b_{\text{poer}} = 1200 \text{ mm}$$

$$h_{\text{poer}} = 2200 \text{ mm}$$

$$t_{\text{poer}} = 900 \text{ mm}$$

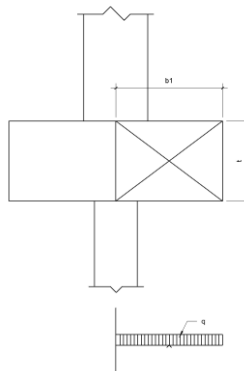
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 900 - 75 - 25/2 = 812,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 900 - 75 - 25 - 25/2 = 787,5 \text{ mm}$$

- Penulangan Poer arah X



Gambar 87 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke as kolom} \\ = (1,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 1,2 \text{ m})) = 0,6 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang ke as kolom} \\ = 0,2 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 1,2 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 1555,2 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah :

$$P_u = 46,66 \text{ ton}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \cdot b_2) \\ = -(0,5 \cdot 1555,2 \cdot (1^2)) + (46660 \cdot 0,2) \\ = 9052,11 \text{ kgm} = 90521060 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{90521060}{0,8 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 787,5^2} = 0,1804 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 15,7 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{15,7} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,7 \cdot 0,1804}{390}} \right) \\ = 0,00045$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 787,5$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 2756,25 \text{ mm}^2$$

Dicoba pakai D25 jarak 150 mm

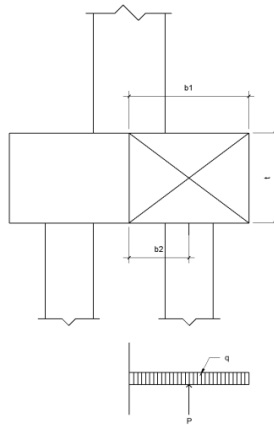
$$A_{S_{\text{pakai}}} = (A_s D \cdot b) / s = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2 \cdot 1000) / 150$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

- Penulangan Poer arah Y



Gambar 88 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$b_1 = \text{jarak dari ujung poer ke as kolom} \\ = (1,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 2,2 \text{ m})) = 1,1 \text{ m}$$

$$b_2 = \text{jarak dari as tiang ke as kolom} \\ = 0,2 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 2,2 \text{ m} \times 0,9 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ = 5227,2 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah :

$$P_u = 46,66 \text{ ton}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2) \\ = -(0,5 \cdot 5227,2 \cdot (1,1^2)) + (46660 \times 0,2) \\ = 6169,59 \text{ kgm} = 61695860 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{61695860}{0,8 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 812,5^2} = 0,1168 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}} = \frac{390 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa}} = 15,7 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{1}{15,7} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,7 \cdot 0,1804}{390}} \right)$$

$$= 0,00029$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 812,5$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 2843,75 \text{ mm}^2$$

Dicoba pakai D25 jarak 150 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = (A_s D \cdot b) / s = (0,25 \cdot 3,14 \cdot 25^2 \cdot 1000) / 150$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25-150mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 3272,492 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OK)}$$

H. Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 10000 \times 1000 = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 2200 \times 1200 = 2640000 \text{ mm}^2$$

- Kuat tumpu pada dasar kolom, N1
 - $P_u = 192,202 \text{ ton} = 1922,02 \text{ kN}$
 - $N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_{c'} \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 30 \cdot 1000000$
 - $= 16575000 \text{ N}$
 - $= 16575 \text{ kN} > 1922 \text{ kN} \quad \text{(OK)}$
- Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{2640000}{1000000}} = 1,6248$$

Namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 10.14.1, nilai

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2

Maka,

$$N_2 = 2 \cdot N_1 = 2(16575 \text{ kN})$$

$$= 26931,2 \text{ kN} > 1922 \text{ kN} \quad \text{(OK)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu, sehingga

$$A_{s\text{perlu}} = 0,005 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} \\ = 5000 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 14D22 dengan $A_s = 5321,86 \text{ mm}^2$

$$A_{s\text{pakai}} > A_{s\text{perlu}} \quad (\text{memenuhi})$$

I. Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yang terbesar diantara :

$$l_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \cdot d = \frac{0,24 \cdot 390}{1 \cdot \sqrt{30}} \cdot 25 = 376 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25 \cdot 390 = 378 \text{ mm}$$

Dipakai nilai l_{dc} terbesar = 378,4 mm = 400 mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right) \cdot d_b$$

$$l_d = \left(\frac{390 \cdot 1 \cdot 1}{1,7 \cdot 1 \cdot \sqrt{30}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 945,1 = 1000 \text{ mm}$$

9.8 Perhitungan Sloof

Balok pengikat sloof direncanakan untuk menahan gaya aksial, lentur serta geser, gaya aksial yang dikenakan pada balok pengikat adalah gaya lateral yang terjadi pada struktur. Dalam rancangan sloof ini diambil contoh perhitungan sloof dengan momen tekan terbesar yang diperoleh dari kolom.

A. Data Perencanaan

Gaya aksial P kolom	= 636 Ton
Dimensi sloof	= 60 cm × 80 cm
Panjang sloof	= 6,7 m
fc'	= 30 MPa
fy	= 390 MPa
Diameter tulangan	= 25 mm
Diameter sengkang	= 13 mm
Selimit beton	= 75 mm
Tinggi Efektif	= 800-75-13-25/2
	= 700 mm

B. Dimensi Sloof

Penentuan dimensi sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar :

$$f_r \text{ ijin} = 0,7 \times f_c^{0,5} = 3,8341 \text{ MPa}$$

Tegangan Tarik yang terjadi:

$$\begin{aligned} P_u &= 10\% \times P_u \text{ Kolom} \\ &= 63,649857 \text{ ton} = 636498,57 \text{ N} \end{aligned}$$

$$f_r = \frac{P_u}{0,85 \cdot b \cdot h} = 1,872055 \text{ MPa}$$

$$f_r = 1,872055 \text{ MPa} < f_r \text{ ijin} = 3,8341 \text{ MPa} \quad (\text{OK})$$

C. Penulangan Lentur Sloof

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.12.3.2 balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara poer harus diproposikan sedemikian hingga penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi menjadi 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm.

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan

lentur, sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah :

$$\begin{aligned}\text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 636,5 \text{ ton} \\ &= 63,65 \text{ ton} = 636498,57 \text{ N}\end{aligned}$$

Berat sloof yang diterima

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= 0,5 \times 0,8 \times 2,4 &= 0,96 \text{ t/m} \\ \text{Berat pelat} &= 0,2 \times 0,4 \times 0,8 &= \underline{0,06 \text{ t/m}} \\ &&= 1,02 \text{ t/m}\end{aligned}$$

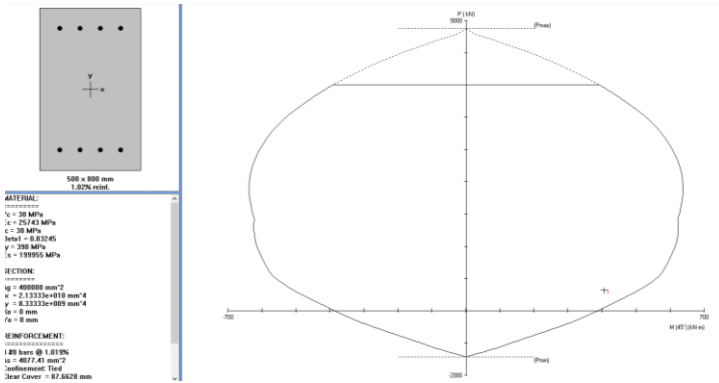
$$Q_u = 1,4 \times 1,02 = 1,43 \text{ t/m} = 14,34 \text{ kN/m}$$

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

$$\begin{aligned}M_u &= 1/12 \times Q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 14,34 \text{ kN/m} \times 6,7 \text{ m} \\ &= 53,63 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Momen yang didapat pada program bantu SAP:

$$M_u = 287,7111 \text{ kNm}$$



Gambar 89 Interaksi aksial dan Momen Sloof

Dari diagram interaksi dan momen untuk sloof maka didapatkan nilai $r = 1,02 \%$

Maka dipasang tulangan sesuai perencanaan yaitu 4 D25 dengan $A_s = 1963 \text{ mm}^2$

D. Penulangan Geser Sloof

Dari diagram interaksi aksial dan momen sloof maka didapatkan momen balance Mpr sebesar:

$$M_{pr} = 505 \text{ kNm}$$

$$V_u = \frac{M_{pr} + M_{pr}}{h_n} = 150,7426 \text{ kN} = 150746,2687 \text{ N}$$

$$V_c = 1/6 \cdot f_c^{0.5} \cdot b_w \cdot d \cdot (1 + N_u/14A_g)$$

$$= 682167,8648 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 682167,8648 = 511625,8986 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 511625,8986 \text{ N} = 255812,9493 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c < V_u < \phi V_c$$

$$255812,9493 \text{ N} < 150746,2687 \text{ N} < 511625,8986 \text{ N (OK)}$$

Maka ϕV_c min

$$V_s \text{ min} = 1/3 \cdot b_w \cdot d = 116583,33 \text{ N}$$

Kuat Geser Sengkang

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$= 0,75 \times 116583,33 \text{ N}$$

$$= 87437,5 \text{ N}$$

Jarak Minimum

Dicoba sengkang 2 Kaki D13 ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \cdot 390 \cdot 700}{116583,33} = 828,2495 \text{ mm}$$

Tetapi tidak boleh lebih dari:

$$S = \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 700 = 349,75 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan sengkang 2D13 – 150 mm

E. Rekapitulasi Penulangan Sloof

Tabel 61 Rekapitulasi Penulangan Sloof

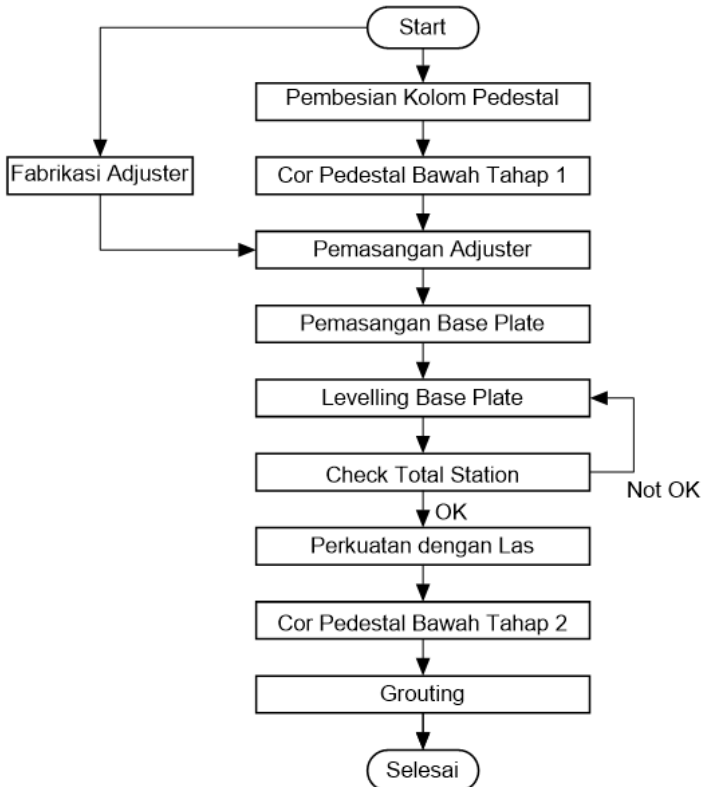
REKAPITULASI PENULANGAN SLOOF								
Tipe Sloof	L	b	h	Tulangan terpasang		Torsi	Sengkang Tumpuan	Sengkang Lapangan
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan			
	(mm)			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
S1	6700	500	800	Atas		-	2 D13 - 150	2 D13 - 300
				4 D25	2 D25			
				Bawah				
				2 D25	3 D25			
S2	8000	300	500	Atas		-	2 D13 - 250	2 D13 - 250
				4 D25	2 D25			
				Bawah				
				2 D25	4 D25			

BAB XI

METODE PELAKSANAAN

10.1 Pemasangan *Base Plate*

Pemasangan *base plate* berfungsi sebagai penumpu *base isolator* yang akan direncanakan. Berikut ini merupakan tahapan pemasangan *base plate*:



Gambar 90. *Flowchart Pemasangan Base Plate*
(Suardi, 2013)

10.1.1 Pembesian Kolom Pedestal

Setelah pemasangan tiang pancang dan pile cap selesai, maka langkah selanjutnya adalah pembesian kolom pedestal. Pemasangan tulangan kolom pedestal dilakukan sesuai *shop drawing*, tulangan kolom pedestal diangkat menggunakan *tower crane* kemudian diarahkan pada tempat yang dituju. Setelah itu antara kolom pedestal dan pile cap direkatkan dengan tulangan *stek* pada pile cap dengan menggunakan las atau bendrat.



Gambar 91. Pembesian Kolom Pedestal
(Suardi, 2013)

10.1.2 Cor Pedestal Bawah Tahap 1

Setelah pekerjaan pembesian selesai, maka langkah selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal bawah tahap 1. Sebelum dilakukan pengecoran, maka dilakukan pemasangan bekisting terlebih dahulu. Adapun langkah-langkah untuk pemasangan bekisting adalah:

- Melakukan *marking area* untuk titik yang akan dipasang kolom pedestal
- Pasang bekisting kolom sesuai *marking area* tersebut
- Cek kembali apakah pemasangan bekisting sesuai, pengecekan dapat dilakukan dengan menggunakan *total station* atau *waterpass*.



Gambar 92. Pemasangan Bekisting pada Kolom Pedestal (*Suardi, 2013*)

Setelah selesai dilakukan pemasangan bekisting, maka langkah selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal tahap 1. Pengecoran dapat dilakukan dengan menggunakan bucket pada tower crane atau truk mixer.

Untuk pengecoran kolom pedestal, di sisakan ± 30 -40 cm (sesuai panjang pengankuran baut yang telah direncanakan) sebagai wadah baut pada pemasangan *base plate*.



Gambar 93. Proses Pengecoran Kolom Pedestal dan Pelepasan Bekisting (*Suardi, 2013*)

10.1.3 Pemasangan Adjuster

Setelah dilakukan pengecoran kolom pedestal tahap 1, maka tahap selanjutnya adalah pemasangan adjuster. Sebelum adjuster dipasang, maka harus di fabrikasi

terlebih dahulu. Adjuster bertujuan untuk melekatkan angkur pada *base plate*.



Gambar 94. Pemasangan Adjuster
(Suardi, 2013)

10.1.4 Pemasangan *Base Plate*

Ketika meletakkan *base plate*, sebelumnya harus dipasang tanda tempat posisi *base plate* akan diletakkan. Setelah itu dilakukan pemasangan *base plate* menggunakan *tower crane*. *Base plate* merupakan tempat penempatan *base isolator*.



Gambar 95. Pemasangan *Base Plate*
(Suardi, 2013)

10.1.5 Levelling *Base Plate*

Ketika dilakukan pemasangan *base plate*, maka dilakukan *levelling* agar posisi *base plate* dapat diposisikan dengan benar.

10.1.6 Cek dengan Total Station

Setelah dilakukan pemasangan *base plate*, posisi *base plate* di cek ulang dengan menggunakan alat *total station* agar posisi *base plate* terletak sesuai dengan yang diinginkan. Apabila posisi *base plate* tidak seperti yang diharapkan, maka dapat dilakukan *levelling* pada *base plate* kembali.

10.1.7 Perkuatan dengan Las

Ketika posisi *base plate* sudah di posisikan dengan benar dan sudah di cek dengan menggunakan *total station*, maka *base plate* diperkuat dengan menggunakan las.

10.1.8 Cor Pedestal Tahap 2

Langkah selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal bawah tahap 2. Sebelum dilakukan pengecoran, maka dilakukan pemasangan bekisting terlebih dahulu.

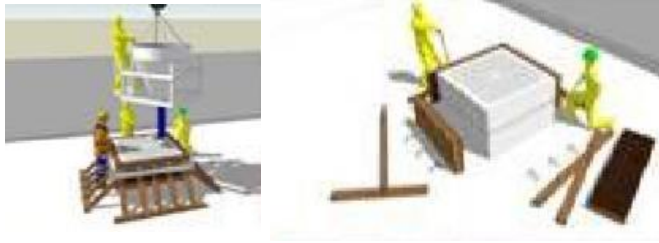
Adapun langkah-langkah untuk pemasangan bekisting adalah:

- Melakukan *marking area* untuk titik yang akan dipasang kolom pedestal
- Pasang bekisting kolom sesuai *marking area* tersebut
- Cek kembali apakah pemasangan bekisting sesuai, pengecekan dapat dilakukan dengan menggunakan *total station* atau *waterpass*



Gambar 96. Pemasangan Bekisting untuk Pengecoran Tahap 2 (Suardi, 2013)

Setelah selesai dilakukan pemasangan bekisting, maka langkah selanjutnya adalah pengecoran kolom pedestal tahap 2. Pengecoran dapat dilakukan dengan menggunakan bucket pada tower crane atau truk mixer.



Gambar 97. Pengecoran Kolom Pedestal Tahap 2 dan Pembongkaran Bekisting Setelah Pengecoran Selesai (Suardi, 2013)

8.1.10 Grouting

Setelah dilakukan pengecoran pada kolom pedestal tahap 2, maka langkah selanjutnya adalah grouting antara pengecoran tahap 2 dengan *base plate*.



Gambar 98. Kolom Pedestal dan *base plate* yang Telah Selesai di Cor (Suardi, 2013)

10.2 Pemasangan Seismic Base

Seismic base merupakan *base isolator* yang berfungsi sebagai peredam gempa pada bangunan yang dirancang. Berikut merupakan tahapan dalam pemasangan *seismic base*.



Gambar 99. *Flowchart* Pemasangan *Seismic Base* (Suardi, 2013)

10.2.1 Install Rubber Bearing

Pemasangan *base isolator* atau *rubber bearing* diangkut kemudian dipasang dengan menggunakan *tower crane*.



Gambar 100. Perletakan Base Isolator
(Suardi, 2013)

10.2.2 Pasang Baut *Rubber Base* bagian Bawah

Setelah *base isolator* di tempatkan pada bagian atas *base plate*, maka dipasang baut pada bagian bawah *rubber base* untuk menghubungkan *base isolator* dengan *base plate*.

10.2.3 Kencangkan dengan Kunci Momen

Setelah dilakukan pemasangan baut pada bagian bawah, maka kencangkan baut tersebut dengan kunci momen. Setelah itu cek apakah permukaan pada *base isolator* rata atau tidak. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi guling ketika kolom atas telah terpasang.

10.2.4 Install Top Plate

Setelah dipasang baut pada bagian bawah, tahap selanjutnya adalah pemasangan *plate* bagian atas. Proses pemasangan *top plate* yaitu pengangkutan *top plate* terlebih dahulu dan posisikan sesuai dengan penempatan *rubber bearing*.

10.2.5 Pasang Baut *Rubber Base* bagian Atas

Langkah selanjutnya yaitu memasang baut pada *rubber base* bagian atas. Hal ini dilakukan untuk menghubungkan antara *rubber base* atau *base isolator* dengan *top plate*.

10.2.6 Kencangkan dengan Kunci Momen

Setelah dilakukan pemasangan baut pada bagian atas, maka kencangkan baut tersebut dengan kunci momen.



Gambar 101. Pemasangan Baut pada Top Plate
(Suardi, 2013)

10.3 Pemasangan Kolom Pedestal bagian Atas

Setelah dilakukan pemasangan *seismic base*, maka dapat dilakukan pemasangan kolom atas. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:



Gambar 102. Flowchart Pemasangan Kolom Atas
(Tanaya, 2018)

10.3.1 Pembesian Kolom Atas

Pemasangan tulangan kolom pedestal dilakukan sesuai *shop drawing*, tulangan kolom pedestal diangkat menggunakan *tower crane* kemudian diarahkan pada tempat yang dituju.

10.3.2 Pemasangan Bekisting Kolom Atas

Setelah pekerjaan pembesian selesai, maka langkah selanjutnya adalah pemasangan bekisting, sebelum dilakukan pengecoran.

Adapun langkah-langkah untuk pemasangan bekisting adalah:

- Melakukan *marking area* untuk titik yang akan dipasang kolom pedestal bagian atas
- Pasang bekisting kolom sesuai *marking area* tersebut

- Cek kembali apakah pemasangan bekisting sesuai, pengecekan dapat dilakukan dengan menggunakan *total station* atau *waterpass*



Gambar 103. Pemasangan Bekisting pada Kolom Pedestal Bagian Atas (*Tanaya, 2018*)

10.3.3 Pengecoran Kolom Atas

Setelah bekisting terpasang dengan baik, maka tahap selanjutnya adalah dilakukan pengecoran. Pengecoran dapat dilakukan dengan menggunakan *bucket* pada *tower crane* atau dengan truk mixer secara langsung.

10.3.4 Tangga Basement

Tangga basement dipasang menggunakan tangga *stairs mobile portable cantilever* yang berasal dari Erectastep USA dengan jenis tangga tipe RS – Cantilever Series C8 (terlampir).

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XII

KESIMPULAN

11.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis Perencanaan struktur bangunan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) yang dibangun menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) *fixed base* yang kemudian dirancang ulang menggunakan sistem struktur *Base Isolator* jenis *High Damping Rubber Bearing* (HDRB). Maka dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan adanya *base isolator*, maka dapat mereduksi gaya geser arah x mencapai 76.17% dan arah y mencapai 71.93%, hal ini dapat dibuktikan dari hasil analisa permodelan bahwa diperoleh gaya geser dasar struktur *fixed base* sebesar 629004.01 Kgf arah X dan 516313.27 Kgf arah Y sedangkan untuk struktur *base isolator* sebesar 1498.6 Kgf arah X dan 144946.8 Kgf arah Y.
2. Berdasarkan hasil analisa perbandingan gaya dalam yang terjadi pada struktur dengan *Base Isolator* maka rata – rata reduksi momen (kgf.m) yang terjadi yaitu sebesar 40,6% dan rata – rata reduksi geser (kgf) yang terjadi yaitu sebesar 30,5%.
3. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraian, hasil perhitungan struktur bangunan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen *fixed base* dengan menggunakan metode *base isolator* adalah sebagai berikut:

Tabel 62 Rekapitulasi Penulangan Balok struktur Base isolator

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK ANAK							
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Sengkang	
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan		
	(mm)			(mm)	(mm)		(mm)
B3	8000	250	550	Atas		2 Ø10 - 210	
				4 D19	2 D19		
				Bawah			
2 D19	2 D19						
B4	2750	200	400	Atas			2 Ø10 - 120
				3 D19	2 D19		
				Bawah			
2 D19	2 D19						
B4	3500	200	400	Atas		2 Ø10 - 120	
				3 D19	2 D19		
				Bawah			
2 D19	2 D19						

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK INDUK											
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Torsi	Sengkang Tumpuan	Sengkang Lapangan			
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan						
	(mm)			(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
B1	8000	350	700	Atas		2 D13	2 D13 - 150	2 D13 - 250			
				6 D25	2 D25						
				Bawah							
4 D25	4 D25										
B2	8000	300	650	Atas					2 D13	2 D13 - 130	2 D13 - 200
				5 D25	3 D25						
				Bawah							
3 D25	5 D25										
B2	4000	300	650	Atas		2 D13	2 D13 - 130	2 D13 - 200			
				5 D25	3 D25						
				Bawah							
3 D25	5 D25										
B bordes 1	8000	300	400	Atas					-	2 Ø10 180	2 Ø10 180
				5 D13	2 D13						
				Bawah							
3 D13	3 D13										
B bordes 2	8000	200	400	Atas		-	2 Ø10 120	2 Ø10 120			
				3 D13	2 D13						
				Bawah							
2 D13	2 D13										

Tabel 63 Rekapitulasi Penulangan Kolom struktur Base isolator

REKAPITULASI PENULANGAN KOLOM							
Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur terpasang	Sengkang		lo	lap splice
				Sejarak lo	Diluar lo		
	(mm)			(mm)			
K1	650 X	650	24 D22	4 D13 - 120	4 D13 - 130	650	1200
K2	600 X	850	28 D22	4 D13 - 150	4 D13 - 150	630	1200
Ktangga	300 X	300	8 D19	4 D13 - 100	4 D13 - 150	630	1400
K3 atas	1000 X	1000	28 D25	4 D16 - 120	4 D16 - 150	1000	1500
K3 pedestal	1000 X	1000	28 D25	4 D16 - 120	4 D16 - 150	1000	1500

Tabel 64 Rekapitulasi Penulangan Balok struktur Fixed based

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK ANAK						
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Sengkang
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	
	(mm)			(mm)	(mm)	(mm)
B3	8000	300	600	Atas		2 Ø10 - 100
				4 D22	3 D22	
				Bawah		
				3 D22	4 D22	
B4	2750	200	400	Atas		2 Ø10 - 100
				2 D16	2 D16	
				Bawah		
				2 D16	2 D16	
B4	3500	200	400	Atas		2 Ø10 - 100
				2 D16	2 D16	
				Bawah		
				2 D16	2 D16	

REKAPITULASI PENULANGAN BALOK INDUK								
Tipe Balok	L	b	h	Tulangan terpasang		Torsi	Senggang Tumpuan	Senggang Lapangan
				Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan			
				(mm)	(mm)			
B1	8000	400	800	Atas		2 D19	2 D10 - 150	2 D10 - 200
				7 D25	3 D25			
				Bawah				
				5 D25	5 D25			
B2	8000	350	700	Atas		2 D19	2 D10 - 150	2 D10 - 200
				7 D25	3 D25			
				Bawah				
				5 D25	5 D25			
B bordes 1	8000	300	600	Atas		-	2 D10 - 100	2 D10 - 200
				4 D22	3 D22			
				Bawah				
				3 D22	4 D22			
B bordes 2	8000	200	400	Atas		-	2 D10 - 100	2 D10 - 100
				2 D16	2 D16			
				Bawah				
				2 D16	2 D16			

Tabel 65 Rekapitulasi Penulangan Kolom struktur Fixed based

REKAPITULASI PENULANGAN KOLOM							
Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur terpasang	Senggang		lo	lap splice
				Sejarak lo	Diluar lo		
	(mm)	(mm)		(mm)		(mm)	(mm)
K1	700 X	700	24 D25	4 D13 - 120	4 D13 - 130	650	1200
K2	600 X	900	28 D25	4 D13 - 150	4 D13 - 150	630	1200
Ktangga	300 X	300	7 D25	4 D13 - 100	4 D13 - 150	630	1400

4. Hasil perhitungan volume beton struktur bawah bangunan gedung Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK) Universitas Negeri Malang (UM) dengan menggunakan *base isolator* adalah dapat tereduksi sebesar 33.115% dari volume beton dengan struktur *fixed based*. Sedangkan volume beton struktur atas bangunan gedung ini dengan menggunakan *base isolator* adalah dapat tereduksi sebesar 9.050% dari

volume beton dengan struktur *fixed based*. Maka total dari keseluruhan volume beton struktur dengan menggunakan *base isolator* adalah dapat tereduksi sebesar 16.977% dari volume beton dengan struktur *fixed based*. (data terlampir)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgestone. (2017a). Elastic Sliding Bearing, 1.
- Bridgestone. (2017b). Leaflet_En_201504.Pdf.
- Buckle, I. G., Al-Ani, M., & Monzon, E. (2011). Seismic Isolation Design Examples of Highway Bridges. *NCHRP Project: 20-7*, 262(November), 382.
<https://doi.org/10.1016/B978-012249103-0/50005-6>
- Efiloglu, M. (2013). Understanding and Using Structural Concepts UNDERSTANDING THE CONCEPT OF BASE ISOLATION. *Manchester University1824*, 1(July 2013), 1–5. Retrieved from
<http://www.mace.manchester.ac.uk/project/teaching/civil/structuralconcepts/StudentCoursework/contents/30.pdf>
- IRIS. (2012). Your Elevator Partner, (2).
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (1999). Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice. *John Wiley & Sons*, 16(3), 709–710. <https://doi.org/10.1193/1.1586135>
- Puspita, R. R., Ir, P., Darmawan, M. S., Sc, M. E., & Ph, D. (2012). Desain Struktur Gedung Hotel 14 Lantai di Surabaya Menggunakan Sistem Ganda dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Balok – Plat Lantai dengan Steel Deck seperti di atas , didapatkan :, 1–10.
- RIDHOTULLAH, S. A. G. (2018). *PASCA SARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG (UMM) DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK (PRECAST) PADA GEDUNG PASCA SARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG (UMM) DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK (PRECAST) PADA ELEMEN STRUKTUR BALOK.*

- Siagian, A. R., Wesli, W., Chandra, Y., & Akbar, S. J. (2018). Studi Komparasi Base Shear Pada Gedung Menggunakan Base Isolator Dan Non Base Isolator. *Teras Jurnal*, 7(2), 235. <https://doi.org/10.29103/tj.v7i2.134>
- SNI 1726. (2012). Badan Standardisasi Nasional Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Retrieved from www.bsn.go.id
- SNI 1727. (2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, 196. Retrieved from www.bsn.go.id
- Suardi, E. (2013). Rubber Bearing Isolator Sebagai Sistem Penahan Gempa pada Bangunan Hotel Ibis Padang. *Jakarta: PT. PP (Persero) Tbk*, (021), 1–26.
- Tanaya, D. R. (2018). *PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG PASCA SARJANA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG MENGGUNAKAN BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB) BERIKUT METODA PELAKSANAAN PEMASANGAN BASE ISOATION*.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bekasi pada tanggal 25 bulan Agustus tahun 1997 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Dea Fauziah Larasati ini merupakan lulusan dari SDN Ketabang Kawasan Surabaya, juga pernah bersekolah di SMPN 1 Surabaya, dan SMAN 4 Surabaya. Selain itu penulis juga aktif di kegiatan kemahasiswaan selama 3 tahun. Sempat menduduki posisi atau jabatan sebagai staff pada beberapa kepanitiaan dan organisasi yang ada di ITS. Penulis juga diamanahi menduduki posisi atau jabatan sebagai Bendahara UKM periode 2016-2017, dipilih menjadi Koor Dana D'Village 6th Edition 2016 dalam acara jurusan, menduduki posisi sebagai Bendahara 1 Gerigi ITS 2017, serta menduduki posisi sebagai Sekretaris Menteri Kementerian Perekonomian BEM ITS 2018-2019. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, penulis juga sering menjadi pembicara di berbagai jurusan maupun fakultas di ITS dengan membawakan materi Wawasan Kewirausahaan dalam acara LKMW-TD ITS. Selain itu penulis juga aktif berwirausaha dan sudah memiliki toko online. Penulis dapat dihubungi melalui email : fauziahdea@gmail.com.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

- Data Tanah dari Testana Engineering

TESTANA ENGINEERING, Inc.		A.1.3. BORING LOG				BOREHOLE #: BH-3												
PROJECT : Hotel Design.		DEPTH : -30 m				GROUND WATER LEVEL : ± -7.20 m												
LOCATION : Jln. Dr. Cipto No. 11, Malang.						GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m												
DEPTH TKPRF m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS			T	Gs	eo				
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	qu	0				25	40	60	100
0	Fill, sand, brown, trace silt.																	
1																		
2																		
3	Silt and clay, dark brown, inorganic, little sand, stiff.						UU	0.25	19	-		36	48	56		1.65	2.58	1.32
4																		
5							UU	0.30	18	-		35	46	54		1.67	2.50	1.27
6																		
7																		
8	Sand and silt, brown, little clay, loose to very dense.						QT	0.90	32	-		30	41	48		1.76	2.56	1.05
9																		
10																		
11																		
12																		
13	Silt, dark grey, some sand, stiff.																	
14																		
15	Silt and sand, brown, little clay, dense.																	
16																		
17	Silt and clay, brownish dark grey, inorganic, trace sand, medium.																	
18																		
19																		
20	Silt and sand, brown, trace clay, medium.																	
21																		
22																		
23	Sand and silt, grey, medium.																	
24																		
25																		
26	Sand and silt, grey, cemented at some depth, very dense.																	
27																		
28																		
29	Sand and silt, brown, cemented at some depth, very dense.																	
30	End of Boring																	

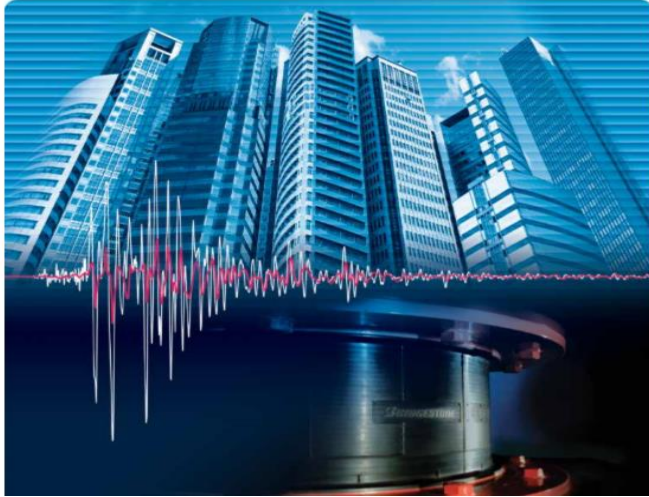
NOTE:	0 to 10 % = Trace	⊠ = Thin Walled	UU = Unconsolidated undrained	○ = W _h = Moisture content, %
	10 to 20 % = Little	⊞ = SPT	CU = Consolidated undrained	⊙ = W _p = Plastic limit, %
	20 to 35 % = Some	⊞ = Core Sample	Vane = Vane shear test	Δ = W _L = Liquid limit, %
	35 to 50 % = And	c = Cohesion intercept, kg/cm ²	SPT = Standard penetration test (blows / ft)	γ = Bulk density, t/m ³
		φ = Internal friction angle, deg	qu = Unconfined compression strength, kg/cm ²	G _s = Specific gravity
				eo = Void ratio

- Brosur Catalog Bridgestoe untuk Spesifikasi HDRB

BRIDGESTONE

Seismic Isolation Product Line-up

High Damping Rubber Bearing Lead Rubber Bearing
 Natural Rubber Bearing Elastic Sliding Bearing



High Damping Rubber Bearing (HDR)

Seismic isolation material certification number by Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan
 MVBR-0516 (X0.3R Series) Acquired in December 2014
 MVBR-0510/MVBR-0519 (X0.4S Series) Acquired in December 2014
 MVBR-0514/MVBR-0520 (X0.6R Series) Acquired in December 2014

Product Dimension

Characteristics		Sectional View		
Physical Dimensions	Outer diameter	D_o (mm)		
	Inner diameter	D_i (mm)		
	Number of inner diameter	n		
	Effective plane area	A ($\times 10^6 \text{mm}^2$)		
	Thickness of one rubber layer	t_r (mm)		
	Number of rubber layers	n		
	Total rubber thickness	$H = n \cdot t_r$ (mm)		
	First shape factor $S_1 = (D_o^2 - n \cdot D_i^2) / (4 \cdot t_r \cdot (D_o + n \cdot D_i))$			
	Second shape factor $S_2 = D_o / (n \cdot t_r)$			
	Diameter of flange	D_f (mm)		
	Thickness of flange: edge/center	t_f / t_c (mm)		
	Connecting bolt P.C.D.	P.C.D. (mm)		
	Diameter of connecting bolt hole \times qty	d (mm) \times qty		
	Bolt size (assumption)	M (d, -3)		
	Thickness of each reinforced steel plate	t_s (mm)		
	Total height	H (mm)		
	Total weight: 1 (kN) = 1 / 9.80665 (tonf)			

Product Specification

[Please contact us if you require more information regarding the specification]

High Damping Rubber Bearing (HDR)

MVBR-0514 / MVBR-0520 [X0.6R]

Note: There are 2 certification numbers due to difference of some manufacturing process.
Please refer to "Precautions" in page 6 for the certificate number that used for design document.

Code

Compound name	Rubber code	Shear modulus (N/mm ²)	Equivalent damping ratio
XBR	XD.6R	0.620	0.240

●HH Series (Total Rubber Thickness 20cm)

Characteristics		H060/6R	H065/6R	H070/6R	H075/6R	H080/6R	H085/6R	H090/6R	H095/6R	H100/6R	H110/6R	H120/6R	H130/6R	H140/6R	H150/6R	H160/6R
Physical Dimensions	Outer diameter (mm)	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600
	Inner diameter (mm)	15	15	15	15	20	20	20	20	25	55	55	55	65	65	80
	Effective plane area (×10 ² mm ²)	2826	3317	3847	4416	5023	5671	6359	7085	7849	9480	11286	13249	15361	17638	20056
	Thickness of one rubber layer (mm)	4.0	4.4	4.7	5.0	5.4	5.7	6.0	6.4	6.7	7.4	8.0	8.7	9.5	10.0	10.4
	Number of rubber layers	50	45	43	40	37	35	33	31	30	27	25	23	21	20	19
	Total rubber thickness (mm)	200	198	202	200	200	200	198	198	201	200	200	200	200	200	198
	First shape factor	36.6	36.1	36.4	36.8	36.1	36.4	36.7	36.3	36.4	35.3	35.8	35.8	35.1	35.9	36.5
	Second shape factor	3.00	3.28	3.46	3.75	4.00	4.26	4.55	4.79	4.98	5.51	6.00	6.50	7.02	7.50	8.10
	Diameter of flange (mm)	900	950	1000	1100	1150	1200	1250	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
	Thickness of flange*1 (edge/center) (mm)	22/28	22/28	22/28	22/28	24/32	24/32	26/36	26/36	28/36	30/38	32/40	32/40	37/45	42/50	50/110
	Connecting bolt PCD (mm)	775	825	875	950	1000	1050	1100	1150	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1800
	Compression Properties	Thickness of each reinforced steel plate (mm)	3.1	3.1	3.1	3.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	5.8	5.8	5.8
Total height (mm)		407.9	390.4	388.3	376.9	422.2	413.1	410.8	402.4	400.6	390.2	385.6	376.9	405.5	410.2	522.0
Total weight (tonf)		0.66	0.72	0.80	0.90	1.21	1.31	1.49	1.59	1.77	2.05	2.38	2.65	3.46	4.05	6.64
Total weight (kN)		6.5	7.0	7.9	8.9	11.9	12.9	14.6	15.6	17.3	20.1	23.3	26.0	33.9	39.7	65.1
Critical stress (N/mm ²) σ_{cr} when $\gamma = 0$		43	52	58	69	78	89	102	113	122	136	148	160	173	185	200
Ultimate compressive stress (N/mm ²)	$\gamma_{cr} \sigma_{cr}$	(0.22)	(0.30)	(0.35)	(0.42)	(0.48)	(0.52)	(0.56)	(0.59)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	(0.60)	
	$\gamma_{cr} \sigma_{cr}$	(15.22)	(14.30)	(14.35)	(15.42)	(16.48)	(18.52)	(21.56)	(23.59)	(25.60)	(31.60)	(36.60)	(38.60)	(38.60)	(39.60)	
	$\gamma_{cr} \sigma_{cr}$	(2.74)	(3.05)	(3.16)	(3.47)	(3.411)	(3.517)	(3.523)	(3.629)	(3.634)	(3.746)	(3.756)	-	-	-	
Compressive stiffness (×10 ³ kN/m)	1970	2340	2660	3090	3510	3970	4490	4980	5450	6590	7860	9220	10700	12300	14200	
Nominal long term compressive stress (N/mm ²)	6.6	8.1	9.1	10.7	12.0	13.4	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	
Nominal long term column load (kN)	1860	2690	3500	4710	6050	7620	9540	10600	11800	14200	16900	19900	23000	26500	30100	
Allowable tensile stress ($\gamma = 100\%$) (N/mm ²)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Shear Properties ($\gamma = 100\%$)	Initial stiffness (×10 ³ kN/m)	5.19	6.15	6.99	8.10	9.23	10.4	11.8	13.1	14.3	17.4	20.7	24.3	28.3	32.4	37.3
	Post yield stiffness ($\gamma = 100\%$) (×10 ³ kN/m)	0.519	0.615	0.699	0.810	0.923	1.04	1.18	1.31	1.43	1.74	2.07	2.43	2.83	3.24	3.73
	Characteristic Strength (kN)	715	83.9	97.3	112	127	143	161	179	199	240	285	335	389	446	507
	Equivalent shear stiffness (×10 ³ kN/m)	0.876	1.04	1.18	1.37	1.56	1.76	1.99	2.21	2.42	2.94	3.50	4.11	4.77	5.47	6.29
	Equivalent damping ratio	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240	0.240

*1 Special thickness for flange is available. Please refer to the table above for more details.

- Tabel C3 ASCE 2002 untuk Berat beton

TABLE C3-1 - continued
MINIMUM DESIGN DEAD LOADS*

Component	Load (kN/m ²)	Component	Load (kN/m ²)
FLOORS AND FLOOR FINISHES			
Asphalt block (51 mm), 13 mm mortar	1.44	Clay brick wythes:	
Cement finish (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	102 mm	1.87
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13 mm mortar bed	0.77	203 mm	3.78
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25 mm mortar bed	1.10	305 mm	5.51
Concrete fill finish (per mm thickness)	0.023	406 mm	7.42
Hardwood flooring, 22 mm	0.19	Hollow concrete masonry unit wythes:	
Linooleum or asphalt tile, 6 mm	0.05	Wythe thickness (in mm)	102 152 203 254 305
Marble and mortar on stone-concrete fill	1.58	Density of unit (16.49 kN/m ³)	
Slate (per mm thickness)	0.028	No grout	1.05 1.29 1.68 2.01 2.35
Solid flat tile on 25 mm mortar base	1.10	1219 mm	1.48 1.92 2.35 2.78
Subflooring, 19 mm	0.14	1016 mm grout	1.58 2.06 2.54 3.02
Terrazzo (38 mm) directly on slab	0.91	813 mm spacing	1.63 2.15 2.68 3.16
Terrazzo (25 mm) on stone-concrete fill	1.53	610 mm	1.77 2.35 2.92 3.45
Terrazzo (25 mm), 51 mm stone concrete	1.53	406 mm	2.01 2.68 3.35 4.02
Wood block (76 mm) on mastic, no fill	0.48	Full grout	2.73 3.69 4.69 5.70
Wood block (76 mm) on 13 mm mortar base	0.77	Density of unit (125 pcf):	
FLOORS, WOOD-JOIST (NO PLASTER)			
DOUBLE WOOD FLOOR			
Joist sizes	305 mm	406 mm	610 mm
spacing (mm)	spacing (kN/m ²)	spacing (kN/m ²)	spacing (kN/m ²)
51 × 152	0.29	0.24	0.24
51 × 203	0.29	0.29	0.24
51 × 254	0.34	0.29	0.29
51 × 305	0.38	0.34	0.29
FRAME PARTITIONS			
Movable steel partitions	0.19	Density of unit (21.21 kN/m ³)	
Wood or steel studs, 13 mm gypsum board each side	0.38	No grout	1.39 1.68 2.15 2.59 3.02
Wood studs, 51 × 102, unplastered	0.19	1219 mm	1.58 2.39 2.92 3.45
Wood studs, 51 × 102, plastered one side	0.57	1016 mm grout	1.72 2.54 3.11 3.69
Wood studs, 51 × 102, plastered two sides	0.96	813 mm spacing	1.82 2.63 3.26 3.83
FRAME WALLS			
Exterior stud walls:		610 mm	1.96 2.82 3.50 4.12
51 mm × 102 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.53	406 mm	2.25 3.16 3.93 4.69
51 mm × 152 mm @ 406 mm, 16 mm gypsum, insulated, 10 mm siding	0.57	Full grout	3.06 4.17 5.27 6.37
Exterior stud walls with brick veneer	2.30	Solid concrete masonry unit wythes (incl. concrete brick):	
Windows, glass, frame and sash	0.38	Wythe thickness (in mm)	102 152 203 254 305
		Density of unit (16.49 kN/m ³):	1.53 2.35 3.21 4.02 4.88
		Density of unit (19.64 kN/m ³):	1.82 2.82 3.78 4.79 5.79
		Density of unit (21.21 kN/m ³):	1.96 3.02 4.12 5.17 6.27

* Weights of masonry include mortar but not plaster. For plaster, add 0.24 kN/m² for each face plastered. Values given represent averages. In some cases, there is a considerable range of weight for the same construction.

- Berat dinding Bata ringan brosur (CITICON)

CITICON BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200; 400
 Tebal, T (mm) : 75; 100; 125; 150; 175; 200

Berat jenis kering, [ρ] : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, [ρ] : 600 kg/m³
 Kuat tekan, [σ] : ≥ 4.0 N/m²
 Konduktivitas termis, [λ] : 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67


Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm) : 600
 Height, H (mm) : 200; 400
 Thick, T (mm) : 75; 100; 125; 150; 175; 200

Dry Density, [ρ] : 530 kg/m³
 Field Density, [ρ] : 600 kg/m³
 Compressive Strength, [σ] : ≥ 4.0 N/m²
 Thermal Conductivity, [λ] : 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ²	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

- Beban Keramik dari Arwana Ceramics tipe AR 3867 BK

 Technical Data							
Description	Unit	Floor Tile 40 x 40	Floor Tile 30 x 30	ISO 12696:2018	Floor Tile 20 x 20	Wall Tile 20 x 25	ISO 12696:2018
Size Tolerance	%	-0.4 +0.3	-0.13 +0.07	max ± 0.5	-0.4 +0.3	-0.4 +0.1	max ± 0.5
Thickness Tolerance	%	-2.0 +0.5	-3.0 +1.5	max ± 5.0	-4.5 +5	-2.4 +2.4	max ± 10
Rectangularity	%	-0.1 +0.2	-0.3 +0.3	max ± 0.6	-0.3 +0.2	-0.3 +0.5	max ± 0.5
Straightness of Sizes	%	-0.3 +0.1	-0.2 +0.1	max ± 0.5	-0.3 +0.1	-0.2	max ± 0.3
Surface Flatness							
a. Center Curvature	%	+0.2	+0.2	max ± 0.5	+0.5	-0.2 +0.5	max -0.3 max +0.5
b. Edge Curvature	%	+0.2	+0.2	max ± 0.5	+0.5	-0.3 +0.5	max -0.3 max +0.5
c. Weyface	%	-0.2 +0.2	-0.2 +0.2	max ± 0.5	+0.5	-0.5 +0.5	max -0.5 max +0.5
Modulus of Rupture	N/mm ²	38.80	26.06	min 8	25	21	min 15
Breaking Strength							
a. Thickness < 7.5 mm	N	-	833	min 500	>200	500	min 300
b. Thickness > 7.5 mm	N	940	-	-	-	-	-
Water Absorption	%	E + E ± 10	S + E ± 10	E + E ± 10	E + E ± 10	16.45	E ± 10
Abrasion Resistance							
		class 3	class 3	1500 cycles passed	1500 cycles passed		
Grazing Resistance		required (5 bar)	required (5 bar)	there must be no tracing	required (5 bar)		
Chemical Properties							
a. Resistance to Staining		class 4	class 4	min class 3	class 2	class 4	min class 3
b. Resistance to Chemical		GA	GA	GA	GA	GA	GA
Coefficient of friction							
a. PDL		0.70	0.58				
b. PVL		0.40	0.40				
c. PDE		0.60	0.60				
d. PWR		0.40	0.48				
ARWANA Ceramic Tiles Packing Information							
SIZE (cm)	QTY. PDR/BOX	M ² /BOX	WT./KG/BOX				
20 X 20	25	1	13 - 14				
20 X 25	20	1	12				
30 X 30	11	1	14 - 15				
40 X 40	6	1	15.5 - 16.5				

- **Beban Plafon Kalsiboard dari Brosur GRC Board**

Data Teknis
 Kalsiboard standar yang digunakan **GRC Board** dan **Primer/LAK**

Jenis Tebal	Lebar	Massa Tebal
Plafon Datar	9 / 80"	1,4
Partisi Lintang	12 / 100"	1,80
Mukanya Datar	12 / 100"	3,0 - 8 x 10"
Ketebalan (t = 8 mm)	mm	190
Impakt (t = 8 mm)	mm	110
Penyerapan Air	%	50
Perubahan Berat	%	0,35
Pengaliran Panas	kkal / m ² / °C	0,29
Ketahanan Api		0,05

Ukuran:

Ketebalan (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg) (1000 x 2440 mm)	Tahanan tarik (kg/cm ²)
8	1.000	11,4	10
8	1.200	13,7	10
8	1.500	17,2	10
8	1.800	20,7	10

Kalsiboard standar yang digunakan **EMPERAN** dan **Primer/LAK**

Jenis Tebal	Lebar	Massa Tebal
Plafon Datar	9 / 80"	1,4
Partisi Lintang	12 / 100"	1,80
Mukanya Datar	12 / 100"	3,0 - 18 x 10"
Ketebalan (t = 8 mm)	mm	190
Impakt (t = 8 mm)	mm	110
Penyerapan Air	%	35
Perubahan Berat	%	0,35
Pengaliran Panas	kkal / m ² / °C	0,24
Ketahanan Api		0,05

Ukuran:

Ketebalan (mm)	Tinggi (mm)	Berat (kg) (1000 x 2440 mm)	Tahanan tarik (kg/cm ²)
8	1.000	11,4	10
8	1.200	13,7	10
8	1.500	17,2	10
8	1.800	20,7	10

Kelebihan:

- Hemat dalam pengangkutan
- Tidak perlu dipalir
- Permukaan rata/mulus
- Mudah dipaku & diweskrip
- Tingkat kestabilan dimensi baik
- Hemat waktu pemasangan

Hubungi :

PASTIKAN ADANYA STEMPER DAN LOGO PADA SETIAP PRODUK KAMI

GRC board
Ahliannya Papan Semen

Diproduksi oleh :
PT. BangunKasa Adhitasentra

- **Beban partisi Plafon tipe 8 dari brosur Kalsipart 8**

Aplikasi partisi **KalsiPart 8**

Informasi umum produk

KALSIPart 8 adalah papan untuk aplikasi dinding dalam / partisi dengan ketebalan 8 mm. Sambungan antara papan KALSIPart 8 diaplikasikan dengan sistem sambungan terbuka atau sambungan tertutup dengan menggunakan KALSikompon IN-F dan KALSITape FC-50. KALSIPart 8 diaplikasikan pada rangka baja KALSIFrame MIT-51 dan KALSIFrame MS-51 yang dipasang sesuai rekomendasi KALSIS sehingga didapat suatu sistem partisi lengkap yang memiliki daya tahan yang baik. Sistem partisi KALSIPart 8 adalah sistem partisi yang memiliki kualitas yang tinggi dan kokoh karena telah lulus uji tes laboratorium berstandar Internasional untuk performa akustik, kekuatan mekanis, dan ketahanan akan api. KALSIPart 8 juga tersedia dalam varian sudut reses 2 dan 4 (KALSIPart 8-R2 & KALSIPart 8-R4). Pastikan Anda mendapatkan produk KALSIPart 8 yang asli dengan memeriksa label printing KALSIPart 8 di tiap sisinya.

Ukuran standar KALSIPart 8 *Berat rata-rata 1 m² adalah 11,4 kg

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)
8	1220	2440	33,8
8	1200	2400	32,2
* 8	1200	2700	36,8
8	1200	3000	40,9

*Ukuran yang diproduksi berdasarkan pesanan

- **Beban plester dan acian dari brosur DRYMIX**



DINDING

◆ Plester D200

- Digunakan untuk pekerjaan plester dan pemasangan batu
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sekatok $\approx 2.2-2.4 \text{ m}^2/30 \text{ mm}$



40kg

Acian dinding dan plester

◆ Acian S100

- Merata dan elastis
- Cocok untuk aplikasi interior
- Dapat mengungkap kecacatan yang tersembunyi
- Daya sekatok $\approx 10-12 \text{ m}^2/30 \text{ mm}$



30kg

◆ Acian NP S450

- Merata dengan
- Cat lebih hemat
- Dapat mengungkap kecacatan yang tersembunyi
- Daya sekatok $\approx 10-12 \text{ m}^2/30 \text{ mm}$
- 3.7 hari bisa langsung di cat



30kg

Acian dinding plester dan beton

◆ SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan kasar
- Mengurangi retak
- Daya sekatok $9-12 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

◆ SKIMKOT PUTIH S300

- Acian putih untuk aplikasi dinding beton
- Mengurangi retak
- Tahan abrasi dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sekatok $6-11 \text{ m}^2/30 \text{ kg}$



30kg

◆ Thinbed 101 TB101

- Plester bata ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sekatok $\approx 10-11 \text{ m}^2/30 \text{ mm}$ (40 kg) khusus bata 200x10 cm
- Cocok dalam pengecatannya



40kg

◆ Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (sisi coat) dengan ketebalan spesi antara 0 - 2 mm
- Plester tahan abrasi
- Daya sekatok $\approx 4.5-6.5 \text{ m}^2/5 \text{ mm}$ (30 kg) khusus bata 200x10 cm
- Lebih cepat dan hemat dalam pakuannya



50kg



◆ Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

- Bahan perkuatan dinding plester untuk permukaan beton
- Isipaku bahan pengisi keramik pada beton, jenis padat paku sp. 25kg 40kg
- Isipaku aplikasi 3-15 mm



◆ Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia 115, 225, 450



50kg

◆ Bonding Agent L207

Bonding untuk beton dan mortar



1L

www.drymix.co.id

- Beban acian dari brosur DRYMIX NPS450



DATA TEKNIS

SPESIFIKASI TEKNIS (EN 998-1)

Bentuk	Bubuk
Compressive Strength @ 28 days (BS EN 12618-1)	4-10 Mpa
Put Off Strength (BS EN 12618-2)	> 0,3 N/mm ²
Ketebalan aplikasi	2-3 mm
Days Sebar	10 ml / 20 kg untuk ketebalan 2-3 mm
Dry Density	+ 1,2 gr/cm ³
Wet Density	+ 1,9 gr/cm ³
Put life	min. 90 menit

AREA APLIKASI

1. Dinding Eksterior dan dinding interior.
2. Permukaan Beton dan plester.

PENYIMPANAN

Simpan selalu di tempat yang kering dan jauh dari pengaruh air serta udara yang lembab.



PENGEPAKAN

Dikemas dengan berat 30kg.

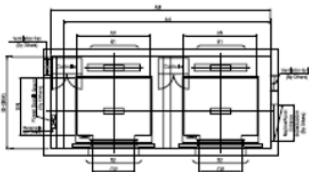


DIPRODUKSI OLEH: PT. DRYMIX INDONESIA - JAKARTA
Ph : (021) 8379 3738 | Made in Indonesia

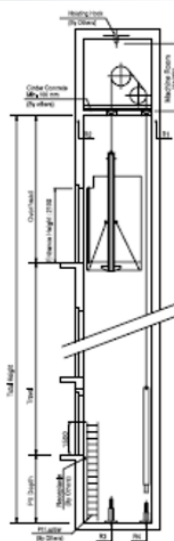
Catatan : Coverage adalah hasil percobaan di bawah kondisi laboratorium. Harga selanjutnya adalah harga yang berlaku pada kondisi di lapangan seperti subgrade, kondisi, dll. Produk ini terbuat dari bahan semen yang dapat menyebabkan iritasi terhadap kulit langsung dengan kulit dan mata. Apabila terlewat, segera basuh dengan air yang bersih.



[Duplex]

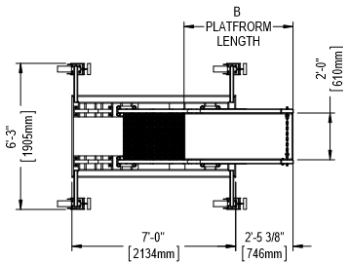


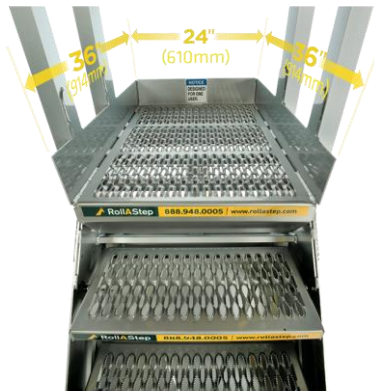
● **Hoistway Section**



- Tangga basement menggunakan tangga *stairs mobile portable cantilever* yang berasal dari Erectastep USA dengan jenis tangga tipe RS – Cantilever Series C8.

SERIES NAME	A	B
RS-CANTILEVER-SERIES-C8	8 FT (2438 mm)	5'-3 11/16" (1618 mm)
RS-CANTILEVER-SERIES-C9	9 FT (2743 mm)	4'-11 13/16" (1519 mm)
RS-CANTILEVER-SERIES-C10	10 FT (3048 mm)	4'-7 7/8" (1420 mm)
RS-CANTILEVER-SERIES-C11	11 FT (3353 mm)	4'-4" (1321 mm)
RS-CANTILEVER-SERIES-C12	12 FT (3658 mm)	4'-1/8" (1222 mm)





Tabel Perhitungan Volume Struktur Bawah *Fixed Based*

Volume Struktur Bawah Fixed Based						
Volume Beton Pile						
Tipe Pile	Jumlah	diameter (m)	luas (m ²)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)	
Pile D800	123	0.08	0.50265	20	1236.519	
Jumlah	123				1236.519	
Volume Beton Pile Cap						
Tipe Pile Cap	Jumlah	Luas (m ²)		tinggi (t) (m)	Volume (m ³)	
P2	14	4.81		1.2	80.808	
P3	25	10.01		1.2	300.30	
P4	5	13.69		1.2	82.140	
Jumlah	44				463.248	
Volume Beton Sloof						
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)	
S1 50/80	2	0.469	0.5	0.8	0.38	
	2	0.605	0.5	0.8	0.48	
	2	1.669	0.5	0.8	1.34	
	2	2.7	0.5	0.8	2.16	
	2	3.638	0.5	0.8	2.91	
	3	4.115	0.5	0.8	4.94	
	1	4.284	0.5	0.8	1.71	
	7	4.3	0.5	0.8	12.04	
	10	4.469	0.5	0.8	17.88	
	2	4.5	0.5	0.8	3.60	
	15	5	0.5	0.8	27.73	
	8	4.638	0.5	0.8	14.84	
	3	4.807	0.5	0.8	5.77	
	1	4.976	0.5	0.8	1.99	
	5	5.315	0.5	0.8	10.63	
	2	5.9	0.5	0.8	4.72	
	3	6.007	0.5	0.8	7.21	
	3	6.7	0.5	0.8	8.04	
	S2 30/60	1	4.2	0.3	0.6	0.76
		1	4.95	0.3	0.6	0.89
42		7.5	0.3	0.6	56.70	
Jumlah	117				186.71	
TOTAL VOLUME BETON EKSISTING STR. BAWAH					1886.477	

Tabel Perhitungan Volume Struktur Bawah dengan *Base Isolator*

Volume Struktur Bawah Base Isolator					
Volume Beton Pile					
Tipe Pile	Jumlah	diameter (m)	luas (m ²)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
Pile D400	160	0.04	0.1256	16	321.536
Jumlah	160				321.536
Volume Beton Pile Cap					
Tipe Pile Cap	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
P1	36	2	2	0.9	129.60
P2	8	2.2	1.2	0.9	19.008
Jumlah	44				148.608
Volume Beton Sloof					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
S1 50/80	2	1.9	0.5	0.8	1.52
S1 50/80	2	2	0.5	0.8	1.60
S1 50/80	2	2.4	0.5	0.8	1.92
S1 50/80	2	2.8	0.5	0.8	2.24
S1 50/80	4	5	0.5	0.8	8.00
S1 50/80	2	5.8	0.5	0.8	4.64
S1 50/80	2	5.9	0.5	0.8	4.72
S1 50/80	51	6	0.5	0.8	122.40
S1 50/80	4	6.4	0.5	0.8	10.24
S1 50/80	2	6.65	0.5	0.8	5.32
S2 30/50	2	6.5	0.3	0.5	1.95
S2 30/50	44	7.5	0.3	0.5	49.50
Jumlah	119				164.55
Volume Beton Pelat Basement					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tebal (t) (m)	Volume (m ³)
Plat lantai 30cm	100	4	4	0.3	480.0
Jumlah	100				480.000
Volume Beton Dinding Penahan Tanah					
Tipe Pile	Jumlah	panjang (p) (m)	tebal (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
Retaining Wall	2	3	0.3	2.38	4.284
Retaining Wall	2	4	0.3	2.38	5.712
Retaining Wall	2	10.5	0.3	2.38	14.994
Retaining Wall	2	16	0.3	2.38	22.848
Retaining Wall	2	23	0.3	2.38	32.844
Retaining Wall	1	26.5	0.3	2.38	18.921
Retaining Wall	1	66.5	0.3	2.38	47.481
Jumlah	12				147.084
TOTAL VOLUME BETON BASE ISOLATOR STR. BAWAH					1261.778

Tabel Perhitungan Volume Struktur Atas *Fixed Based*

Volume Struktur Atas Fixed Based					
Volume Beton Pelat					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tebal (t) (m)	Volume (m ³)
Plat lantai 12cm	790	4	4	0.12	1516.800
Plat lantai 15cm	63	8	4	0.15	302.400
Jumlah	853				1819.200
Volume Beton Balok					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
B1 40/80	16	3.35	0.4	0.8	17.15
	16	3.4	0.4	0.8	17.41
	36	6.3	0.4	0.8	72.58
	32	7.2	0.4	0.8	73.73
	133	7.3	0.4	0.8	310.69
	16	7.35	0.4	0.8	37.63
	97	7.4	0.4	0.8	229.70
B2 35/70	32	3	0.35	0.7	24.83
	64	7.1	0.35	0.7	111.33
	98	7.2	0.35	0.7	172.87
	16	7.3	0.35	0.7	28.62
	16	7.35	0.35	0.7	28.81
24	7.4	0.35	0.7	43.51	
B3 30/60	7	3.075	0.3	0.6	3.87
	7	4	0.3	0.6	5.39
	8	5.025	0.3	0.6	7.24
	187	7.6	0.3	0.6	255.82
	32	7.625	0.3	0.6	43.92
	122	7.65	0.3	0.6	167.99
B4 20/40	24	2.325	0.2	0.4	4.46
	16	2.825	0.2	0.4	3.62
	7	3.075	0.2	0.4	1.72
	16	3.5	0.2	0.4	4.48
B Bordes 2 20x40	16	8	0.2	0.4	10.24
B Bordes 30/40	32	8	0.3	0.4	30.72
Jumlah	1070				1708.32
Volume Beton Kolom					
Tipe Kolom	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
K1 70/70	12	0.7	0.7	34.5	202.860
K1 70/70	10	0.7	0.7	38.25	187.425
K2 60/90	20	0.9	0.6	34.5	372.600
K2 60/90	2	0.9	0.6	38.25	41.310
Jumlah	44				804.195
TOTAL VOLUME BETON EKSISTING					4331.71328

Tabel Perhitungan Volume Struktur Atas dengan *Base Isolator*

Volume Struktur Atas Base Isolator					
Volume Beton Pelat					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tebal (t) (m)	Volume (m ³)
Plat lantai 12cm	850	4	4	0.12	1632.0
Jumlah	850				1632.0
Volume Beton Balok					
Tipe	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
B1 35/70	4	3	0.35	0.7	2.94
B1 35/70	16	3.375	0.35	0.7	13.23
B1 35/70	16	3.4	0.35	0.7	13.33
B1 35/70	4	6	0.35	0.7	5.88
B1 35/70	36	6.35	0.35	0.7	56.01
B1 35/70	34	7	0.35	0.7	58.31
B1 35/70	32	7.25	0.35	0.7	56.84
B1 35/70	131	7.35	0.35	0.7	235.90
B1 35/70	16	7.375	0.35	0.7	28.91
B1 35/70	97	7.4	0.35	0.7	175.86
B2 30/65	4	3	0.3	0.65	2.34
B2 30/65	32	3.25	0.3	0.65	20.28
B2 30/65	25	7	0.3	0.65	34.13
B2 30/65	64	7.15	0.3	0.65	89.23
B2 30/65	98	7.25	0.3	0.65	138.55
B2 30/65	2	7.325	0.3	0.65	2.86
B2 30/65	18	7.35	0.3	0.65	25.80
B2 30/65	40	7.4	0.3	0.65	57.72
B2 30/65	32	4	0.3	0.65	24.96
B3 25/55	8	3.125	0.25	0.55	3.44
B3 25/55	8	4.325	0.25	0.55	4.76
B3 25/55	9	5.075	0.25	0.55	6.28
B3 25/55	207	7.65	0.25	0.55	217.74
B3 25/55	136	7.7	0.25	0.55	143.99
B4 20/40	27	2.375	0.2	0.4	5.13
B4 20/40	18	2.9	0.2	0.4	4.18
B4 20/40	8	3.125	0.2	0.4	2.00
B4 20/40	18	3.525	0.2	0.4	5.08
B Bordes 2 20x40	7	2.95	0.2	0.4	1.65
B Bordes 2 20x40	1	3.1	0.2	0.4	0.25
B Bordes 30/40	16	6.35	0.3	0.4	12.19
B lift 30/55	2	2.375	0.3	0.55	0.78
B lift 30/56	2	2.9	0.3	0.55	0.96
Jumlah	1164				1451.48

Tabel Perhitungan Volume Struktur Atas dengan *Base Isolator* (lanjutan)

Volume Beton Kolom					
Tipe Kolom	Jumlah	panjang (p) (m)	lebar (l) (m)	tinggi (t) (m)	Volume (m ³)
K1 65/65	10	0.65	0.65	3.75	15.844
K1 65/65	132	0.65	0.65	4	223.080
K1 65/65	22	0.65	0.65	5	46.475
K1 65/65	22	0.65	0.65	5.5	51.123
K2 60/85	2	0.85	0.6	3.75	3.825
K2 60/85	132	0.85	0.6	4	269.280
K2 60/85	22	0.85	0.6	5	56.100
K2 60/85	22	0.85	0.6	5.5	61.710
K4 30/30	2	0.3	0.3	1.89	0.340
K4 30/30	6	0.3	0.3	2.1	1.134
K4 30/30	1	0.3	0.3	3.6	0.324
K 100/100	88	1	1	1	88.000
Jumlah	461				817.234
TOTAL VOLUME BETON BASE ISOLATOR STR. ATAS					3900.71664

Tabel Perhitungan Volume Struktur Bawah *Fixed Based* dengan aplikasi Revit

Volume Struktur Bawah <i>Fixed Based</i>		
Volume Beton Pile		
Tipe Pile	Jumlah	Volume (m ³)
Pile D800	123	1236.511
Jumlah	123	1236.511
Volume Beton Pile Cap		
Tipe Pile Cap	Jumlah	Volume (m ³)
P2	14	80.808
P3	25	300.150
P4	5	82.140
Jumlah	44	463.098
Volume Beton Sloof		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
S1 50/80	73	126.451
S2 30/60	44	57.321
Jumlah	117	183.772
TOTAL VOLUME BETON STRUKTUR BAWAH EKSISTING		1883.381

Tabel Perhitungan Volume Struktur Bawah *Base Isolator* dengan aplikasi Revit

Volume Struktur Bawah Base Isolator		
Volume Beton Pile		
Tipe Pile	Jumlah	Volume (m ³)
Pile D400	160	321.688
Jumlah	160	321.688
Volume Beton Pile Cap		
Tipe Pile Cap	Jumlah	Volume (m ³)
P1	36	129.60
P2	8	19.008
Jumlah	44	148.608
Volume Beton Sloof		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
S1 50x80	73	162.60
S2 30x50	46	50.415
Jumlah	119	213.015
Volume Beton Pelat Basement		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
Plat lantai 30cm	100	447.343
Volume Beton Retaining Wall		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
Plat lantai 30cm	100	148.084
TOTAL VOLUME BETON STRUKTUR BAWAH BASE ISOLATOR		1278.738

Tabel Perhitungan Volume Struktur Atas *Fixed Based* dengan aplikasi Revit

Volume Struktur Atas Fixed Based		
Volume Beton Pelat		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
Plat lantai 12cm	790	1440.093
Plat lantai 15cm	63	292.999
Jumlah	853	1733.092
Volume Beton Balok		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
B1 40/80	346	858.447
B2 35/70	250	409.966
B3 30/60	363	475.911
B4 20/40	63	14.282
Jumlah		1758.606
Volume Beton Kolom		
Tipe Kolom	Jumlah	Volume (m ³)
K1 70/70	176	390.285
K2 60/90	176	413.910
Jumlah		804.195
TOTAL VOLUME BETON STRUKTUR ATAS EKSISTING		4.296

Tabel Perhitungan Volume Struktur Atas *Base Isolator* dengan aplikasi Revit

<i>Volume Struktur Atas Base Isolator</i>		
Volume Beton Pelat		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
Plat lantai 12cm	850	1558.921
Jumlah	850	1558.921
Volume Beton Balok		
Tipe	Jumlah	Volume (m ³)
B1 35/70	386	647.279
B2 30/65	283	370.997
B3 25/55	404	408.282
B4 20/40	71	16.382
B Bordes 2 20x40	8	1.90
B Bordes 30/40	16	12.192
Balok Lift 30/55	4	1.741
Jumlah		1458.773
Volume Beton Kolom		
Tipe Kolom	Jumlah	Volume (m ³)
K1	186	336.521
K2	178	390.915
K3	88	88.0
K4	9	1.798
Jumlah	461	817.234
TOTAL VOLUME BETON STRUKTUR ATAS BASE ISOLATOR		2.276

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

LAMPIRAN

PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG FAKULTAS ILMU KEOLAHRAGAAN (FIK) UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) DENGAN MENGGUNAKAN METODE BASE ISOLATION HIGH DAMPING RUBBER BEARING (HDRB)

Mahasiswa
DEA FAUZIAH LARASATI
NRP. 1011151000059

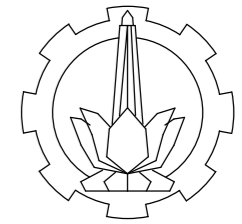
Dosen Pembimbing 1
Nur Ahmad Husin, S.T., M.T.
NIP. 19720115 199802 1 001

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

PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018

DAFTAR GAMBAR	
KODE	NAMA GAMBAR
-	COVER
--	DAFTAR GAMBAR
A01	TAMPAK UTARA
A02	TAMPAK SELATAN
A03	TAMPAK TIMUR DAN BARAT
A04	DENAH LANTAI 1
A05	DENAH LANTAI 2
A06	DENAH LANTAI 3
A07	DENAH LANTAI 4
A08	DENAH LANTAI 5
A09	DENAH LANTAI 6
A10	DENAH LANTAI 7
A11	DENAH LANTAI 8
A12	DENAH LANTAI ATAP
A13	DENAH LANTAI RL
A14	POTONGAN A-A
A15	POTONGAN B-B
S16	DENAH PELAT BASEMENT
S17	DENAH PELAT LT.1
S18	DENAH PELAT LT.2
S19	DENAH PELAT LT.3
S20	DENAH PELAT LT.4
S21	DENAH PELAT LT.5
S22	DENAH PELAT LT.6
S23	DENAH PELAT LT.7
S24	DENAH PELAT LT.8
S25	DENAH PELAT LT.ATAP
S26	DENAH PEMBALOKAN LT.1
S27	DENAH PEMBALOKAN LT.2
S28	DENAH PEMBALOKAN LT.3
S29	DENAH PEMBALOKAN LT.4
S30	DENAH PEMBALOKAN LT.5
S31	DENAH PEMBALOKAN LT.6
S32	DENAH PEMBALOKAN LT.7
S33	DENAH PEMBALOKAN LT.8
S34	DENAH PEMBALOKAN LT.ATAP
S35	DENAH KOLOM PEDESTAL
S36	DENAH KOLOM LT.1
S37	DENAH KOLOM LT.2
S38	DENAH KOLOM LT.3
S39	DENAH KOLOM LT.4

DAFTAR GAMBAR	
KODE	NAMA GAMBAR
S40	DENAH KOLOM LT.5
S41	DENAH KOLOM LT.6
S42	DENAH KOLOM LT.7
S43	DENAH KOLOM LT.8
S44	DENAH KOLOM LT.ATAP
S45	DENAH KOLOM LT. RL
S46	DENAH SLOOF & PILECAP
S47	DENAH DINDING PENAHAN TANAH
S48	DETAIL PENULANGAN TIPE PELAT SATU ARAH
S49	DETAIL PENULANGAN TIPE PELAT DUA ARAH
S50	DETAIL PENULANGAN B1
S51	DETAIL PENULANGAN B2
S52	DETAIL PENULANGAN B3
S53	DETAIL PENULANGAN B4
S54	DETAIL PENULANGAN B BORDES
S55	DETAIL PENULANGAN B LIFT
S56	DETAIL PENULANGAN TANGGA
S57	DETAIL PENULANGAN K1
S58	DETAIL PENULANGAN K2
S59	DETAIL PENULANGAN K3
S60	DETAIL PENULANGAN K4
S61	DETAIL PENULANGAN S1
S62	DETAIL PONDASI
S63	DETAIL PENULANGAN DINDING BASEMENT
S64	DETAIL PENULANGAN PLAT BASEMENT
S65	HUBUNGAN BALOK-KOLOM
S66	DETAIL HDRB HH070X6R
S67	PORTAL B
S68	PORTAL A
S69	DETAIL PORTAL B
S70	DETAIL PORTAL A
S71	3D
S72	BESTAT
S73	BESTAT
S74	BESTAT
S75	BESTAT EKSISTING
S76	BESTAT EKSISTING
S77	BESTAT EKSISTING



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Catatan :

NOMOR	JUMLAH
--	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

Catatan :



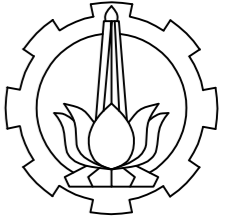
TAMPAK UTARA 01
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A01

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

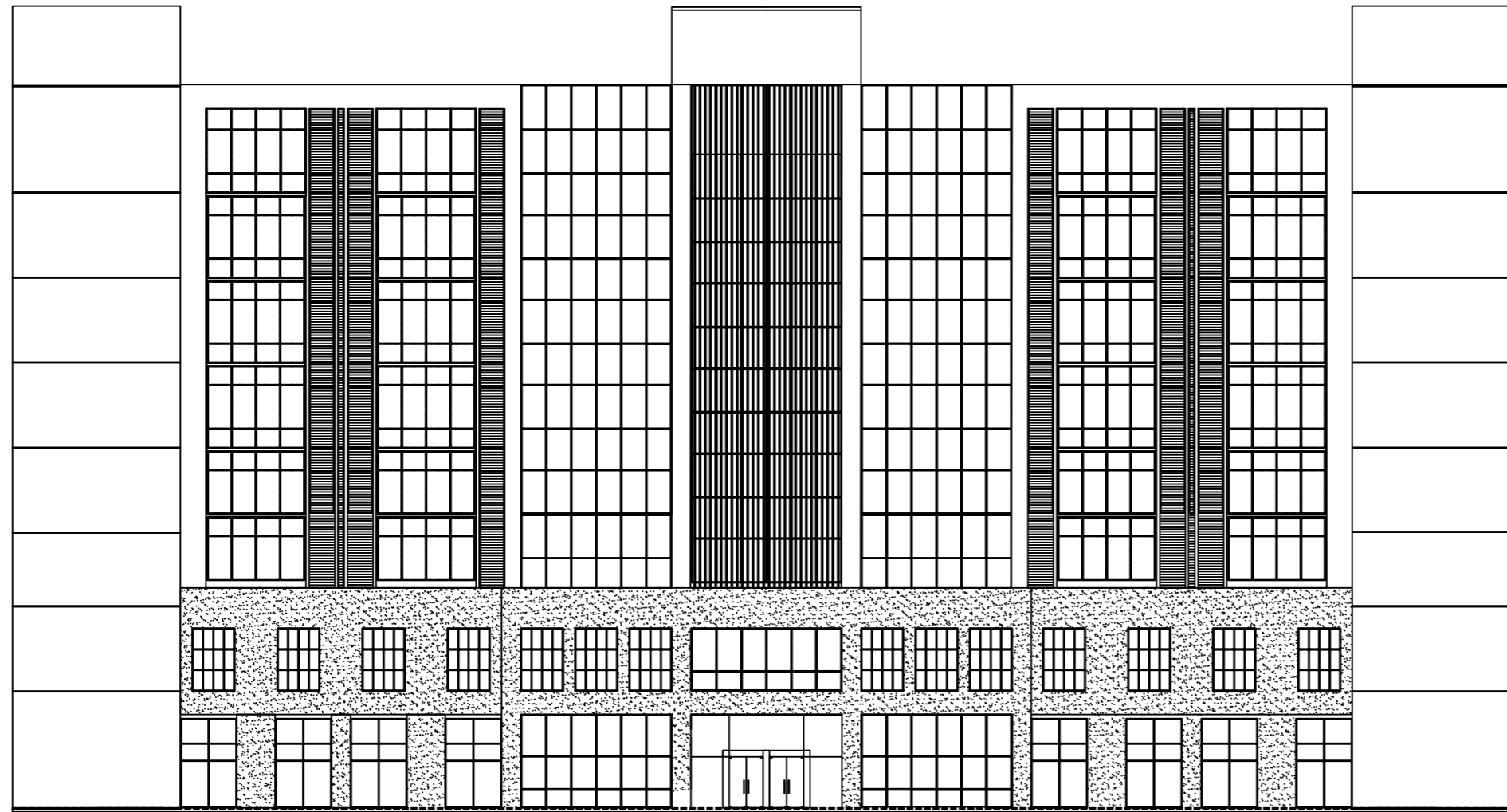
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

Catatan :



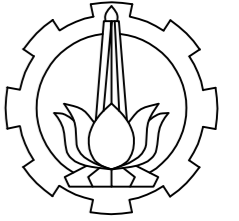
TAMPAK SELATAN 01
SKALA 1:125

NOMOR

JUMLAH

A02

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

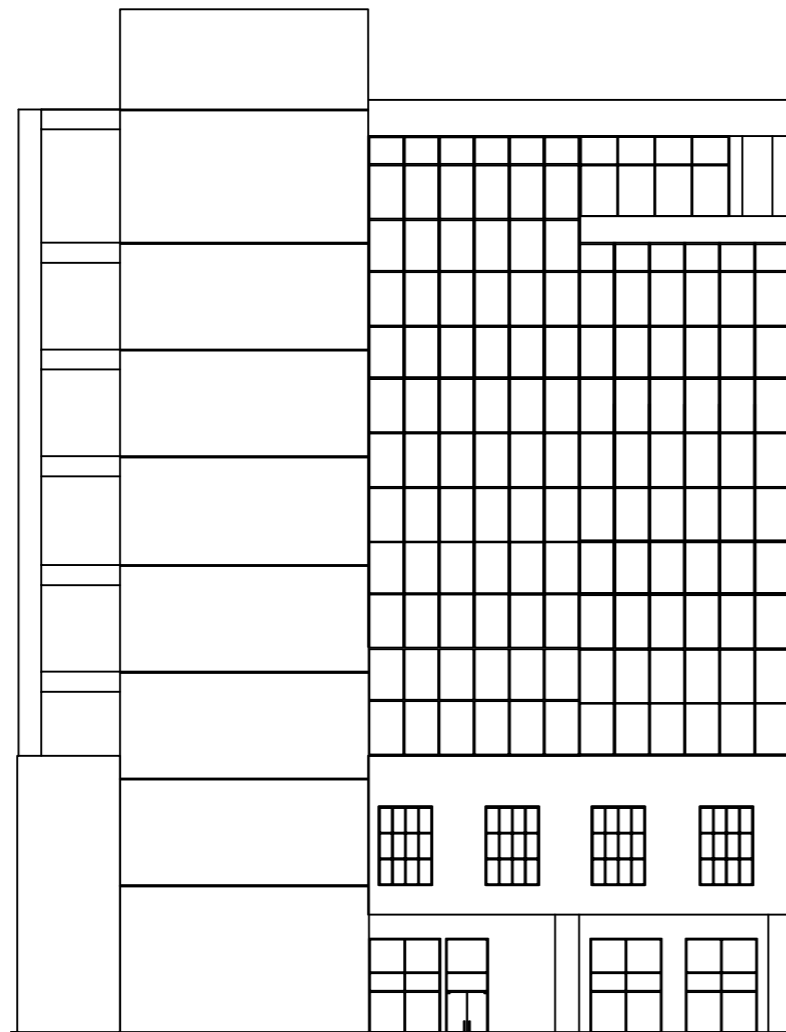
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

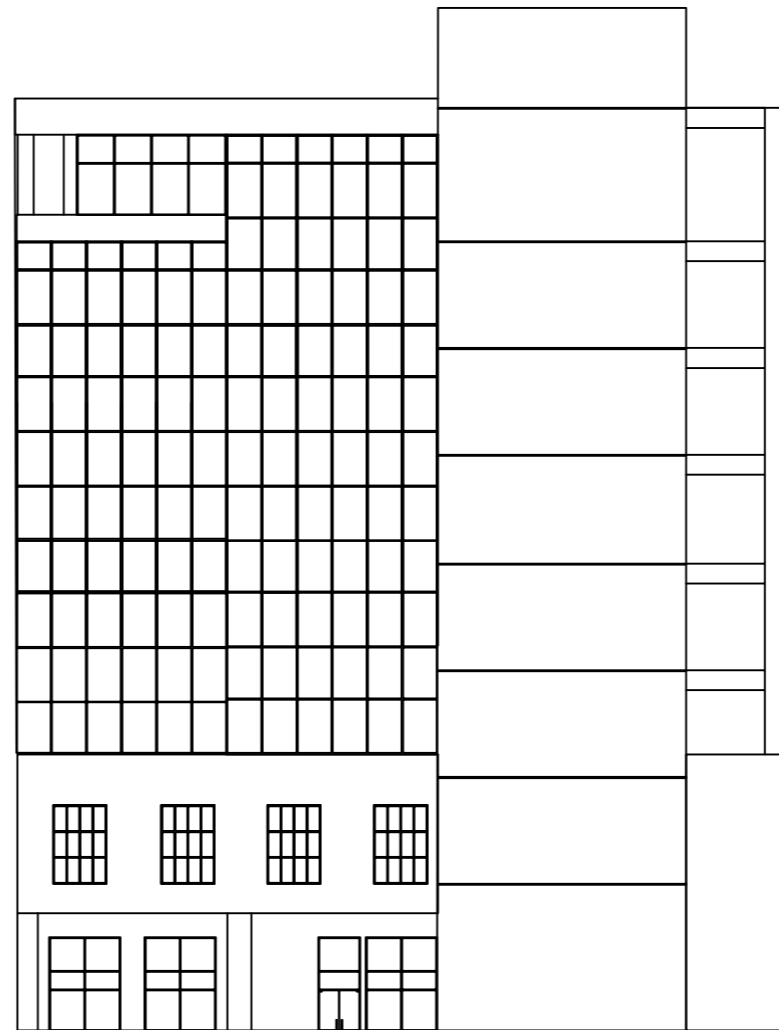
NAMA GAMBAR

TAMPAK TIMUR DAN BARAT

Catatan :



TAMPAK TIMUR 01
SKALA 1 : 125



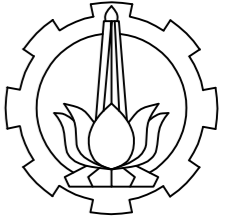
TAMPAK BARAT 02
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A03

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

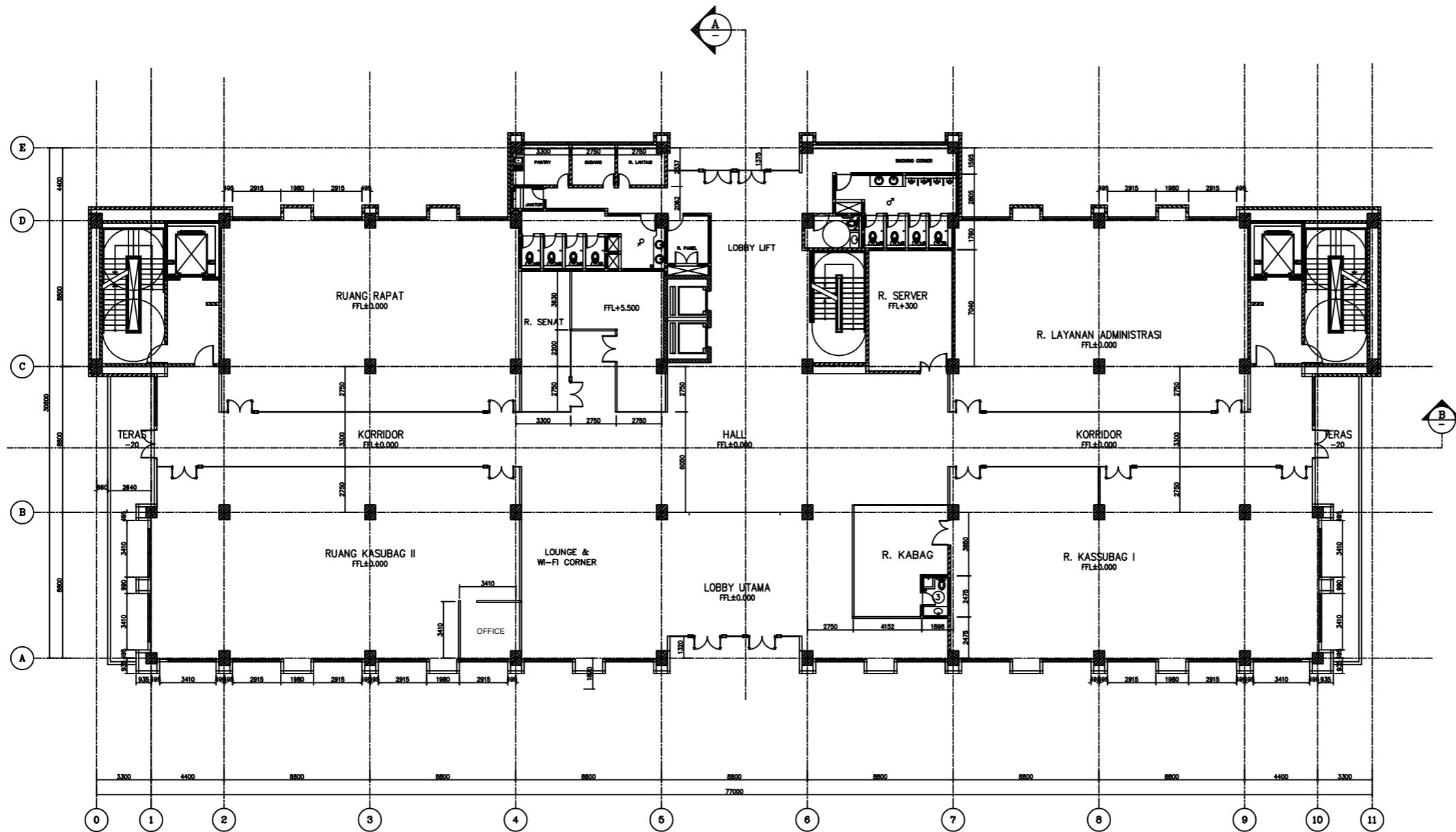
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

Catatan :



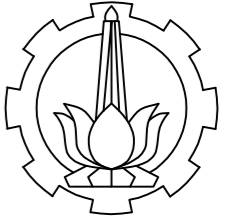
DENAH LANTAI 1 01
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A04

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

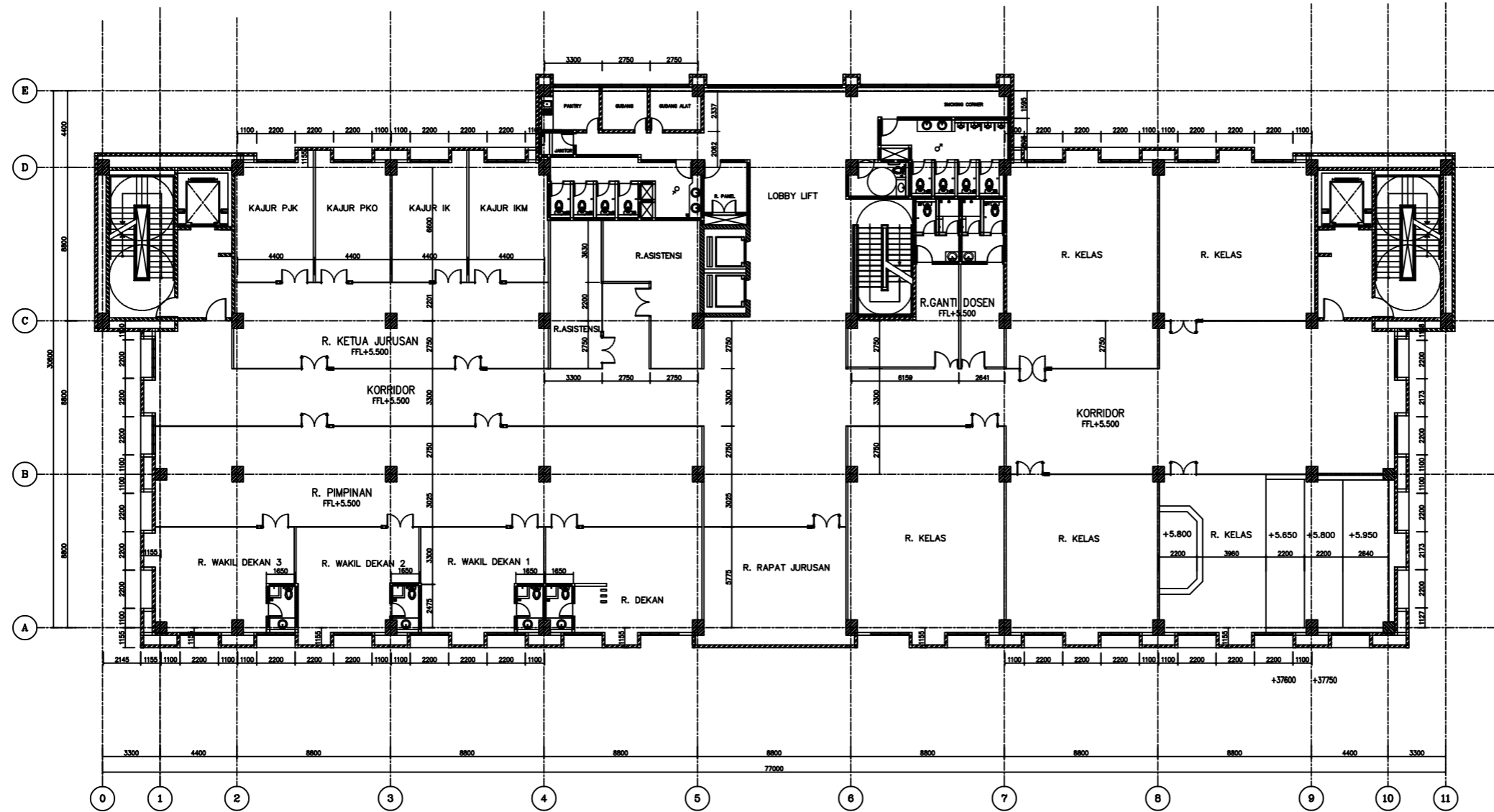
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

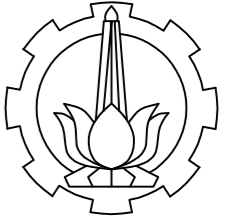
Catatan :



DENAH LANTAI 2 01
 SKALA 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

A05	77
-----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

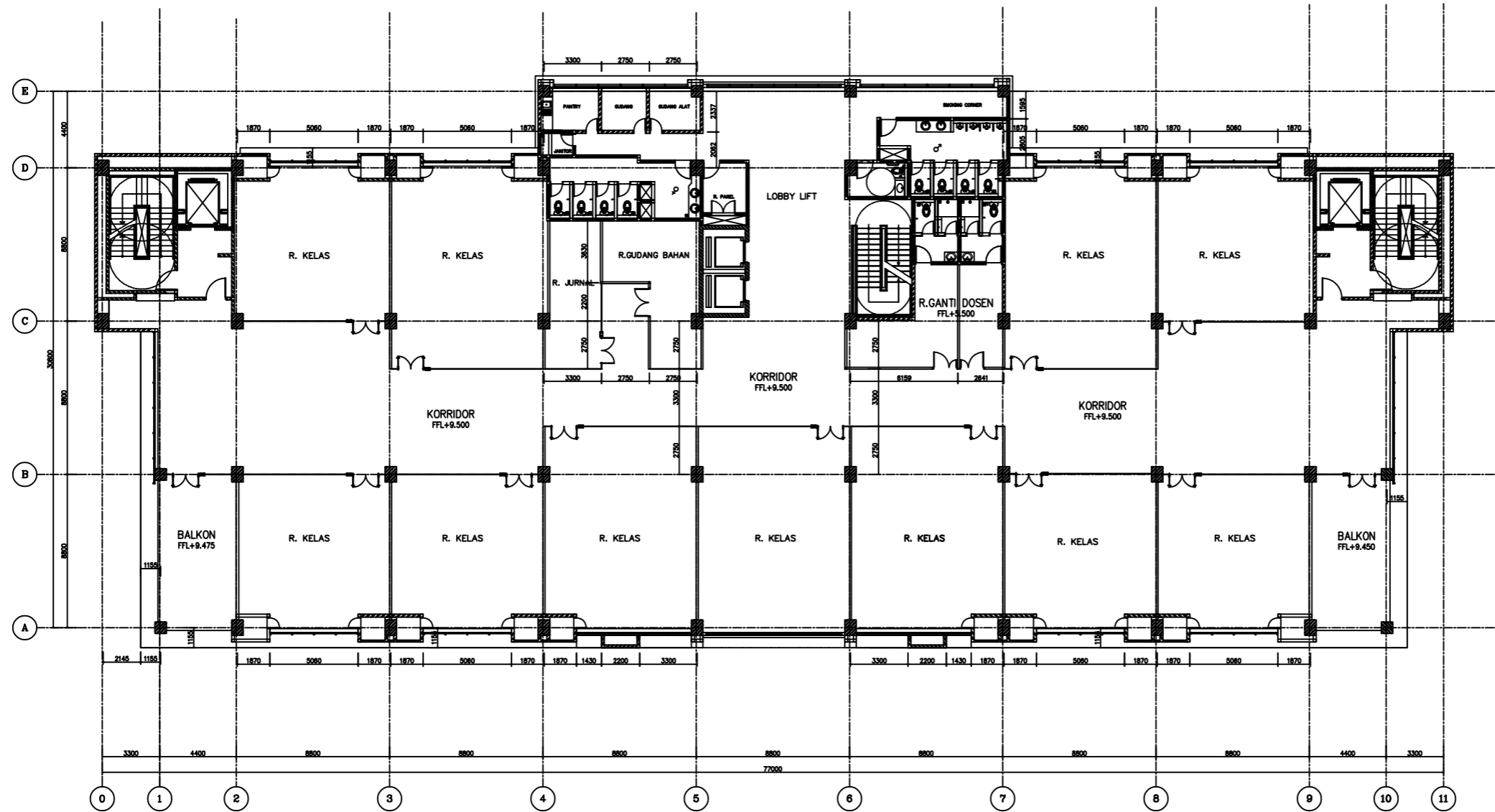
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3

Catatan :



DENAH LANTAI 3 01
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A06

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

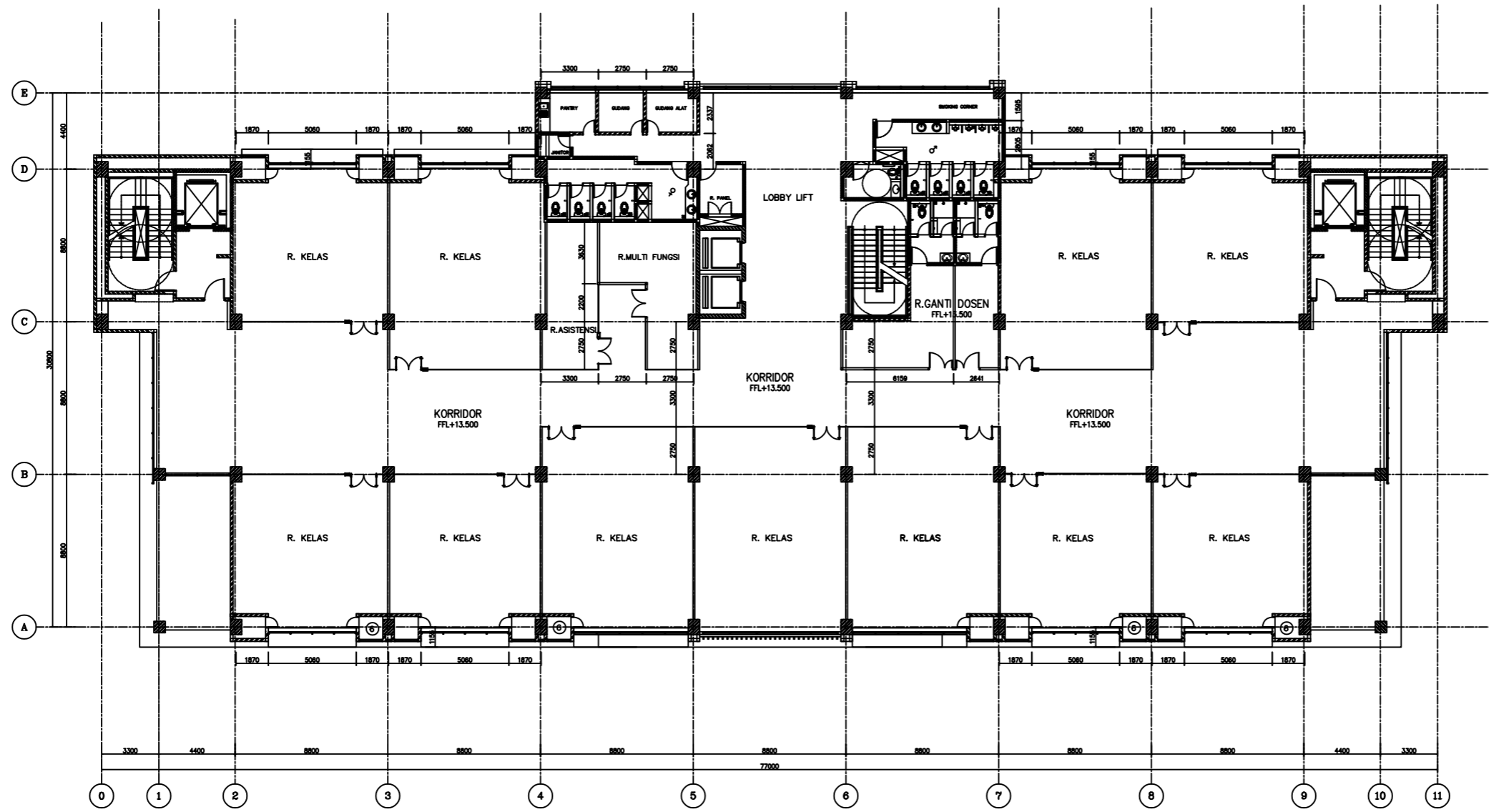
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 4

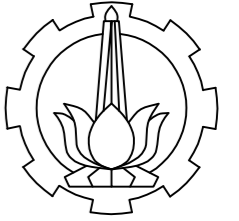
Catatan :



DENAH LANTAI 4 01
SKALA 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

A07	77
-----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

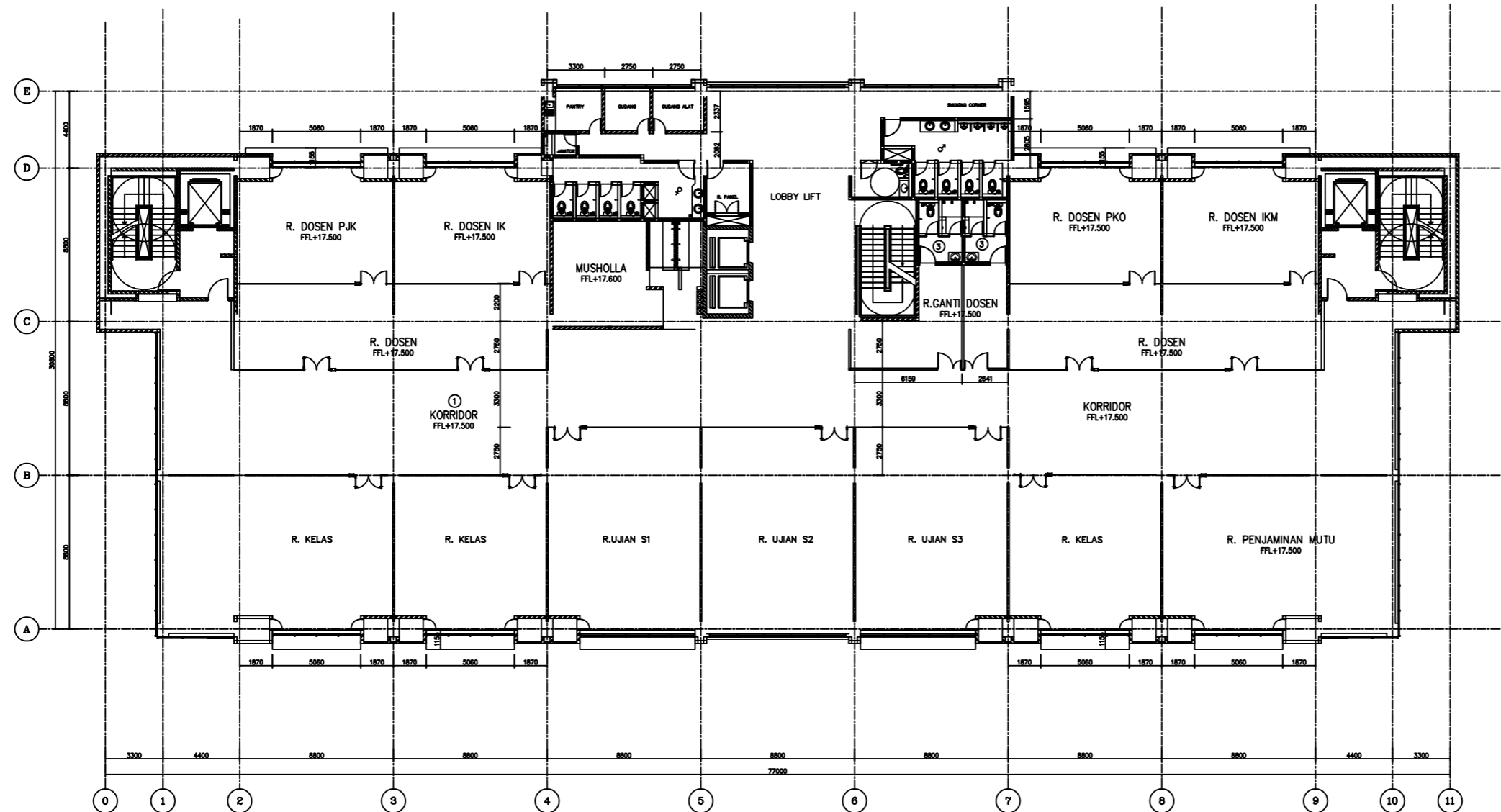
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 5

Catatan :



DENAH LANTAI 5 01
 S K A L A 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

A08

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

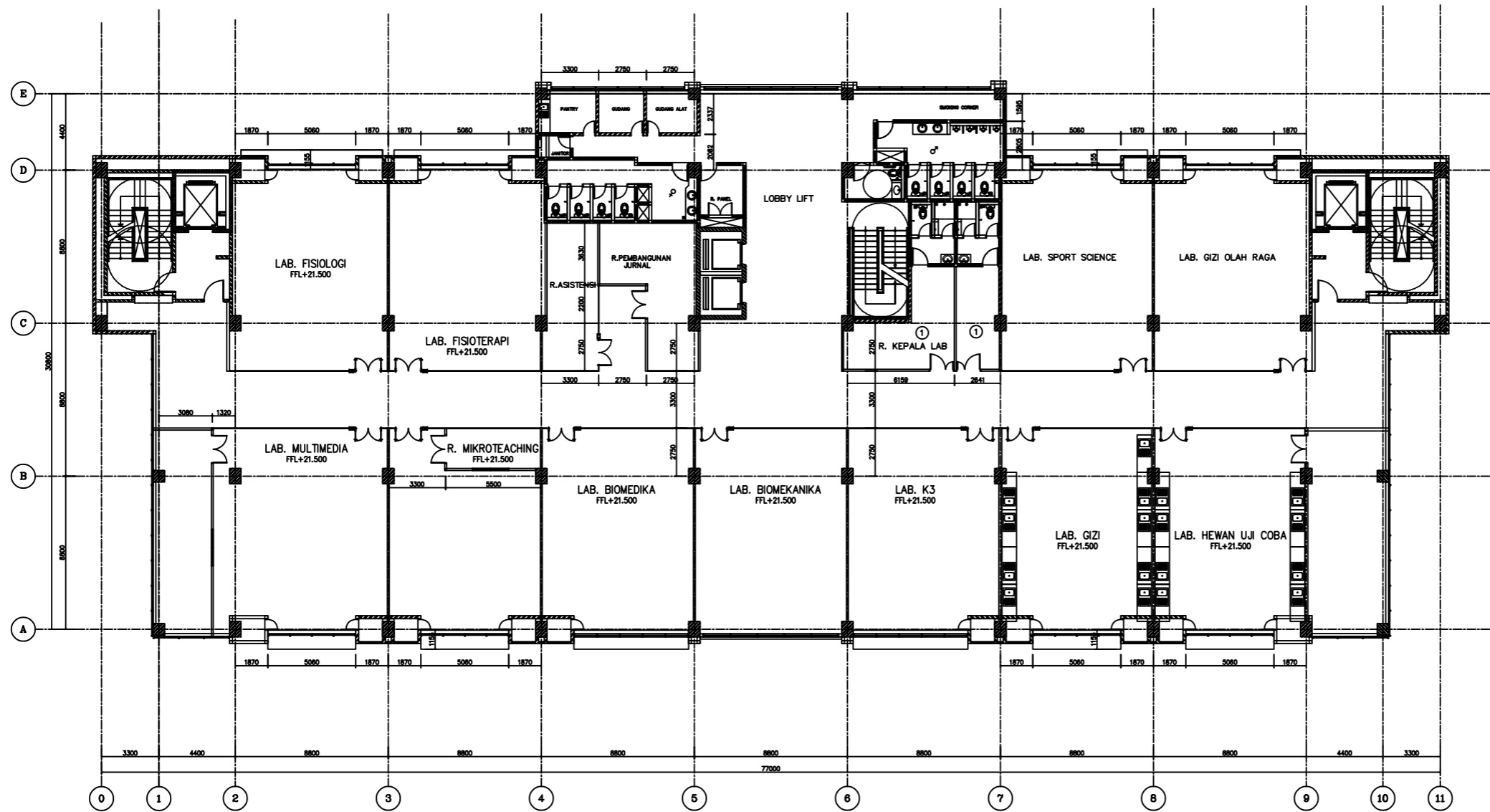
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 6

Catatan :



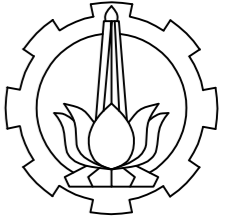
DENAH LANTAI 6 01
 SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A09

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

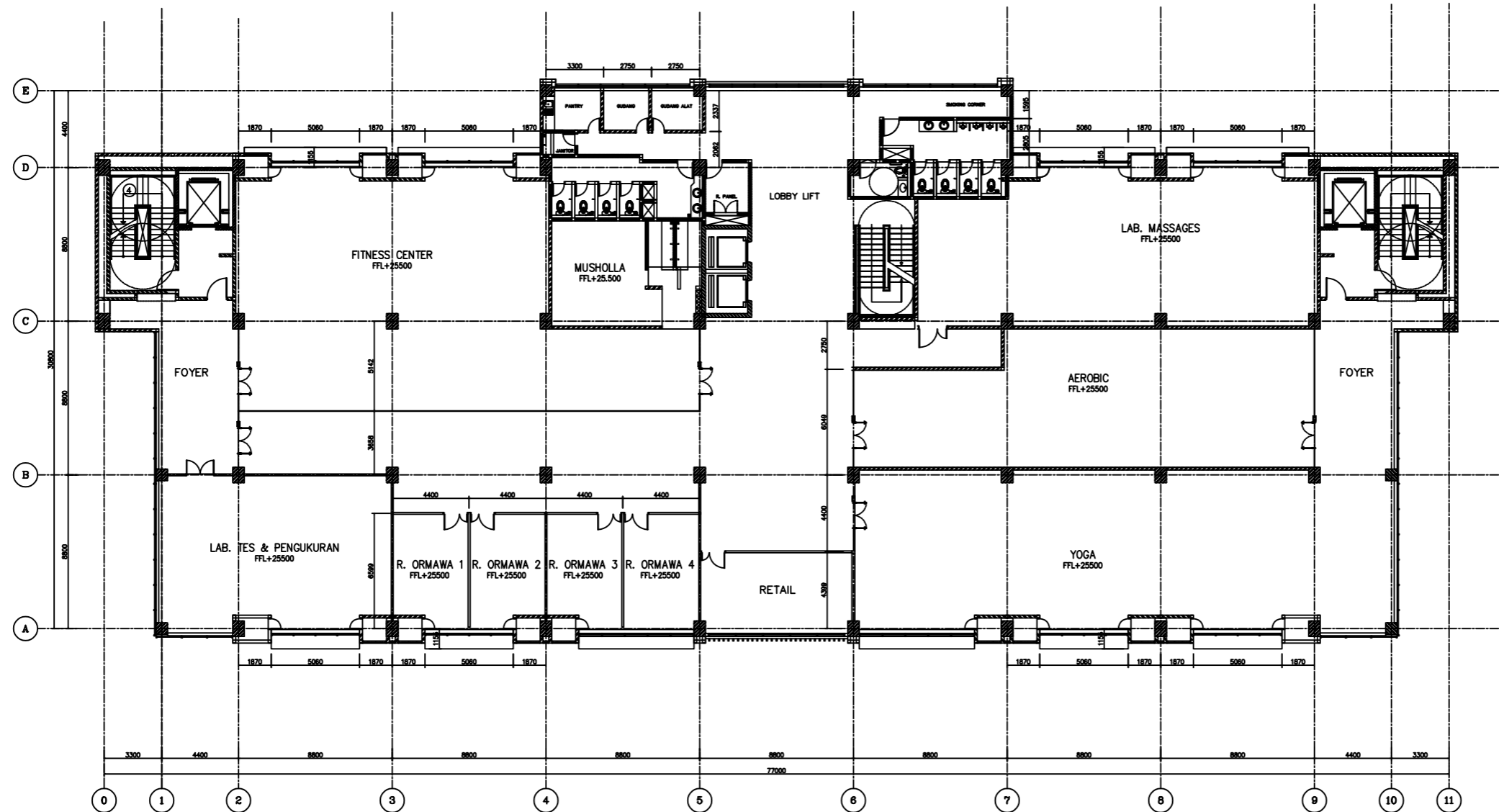
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 7

Catatan :



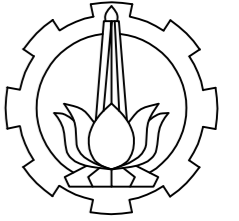
DENAH LANTAI 7 01
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A10

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

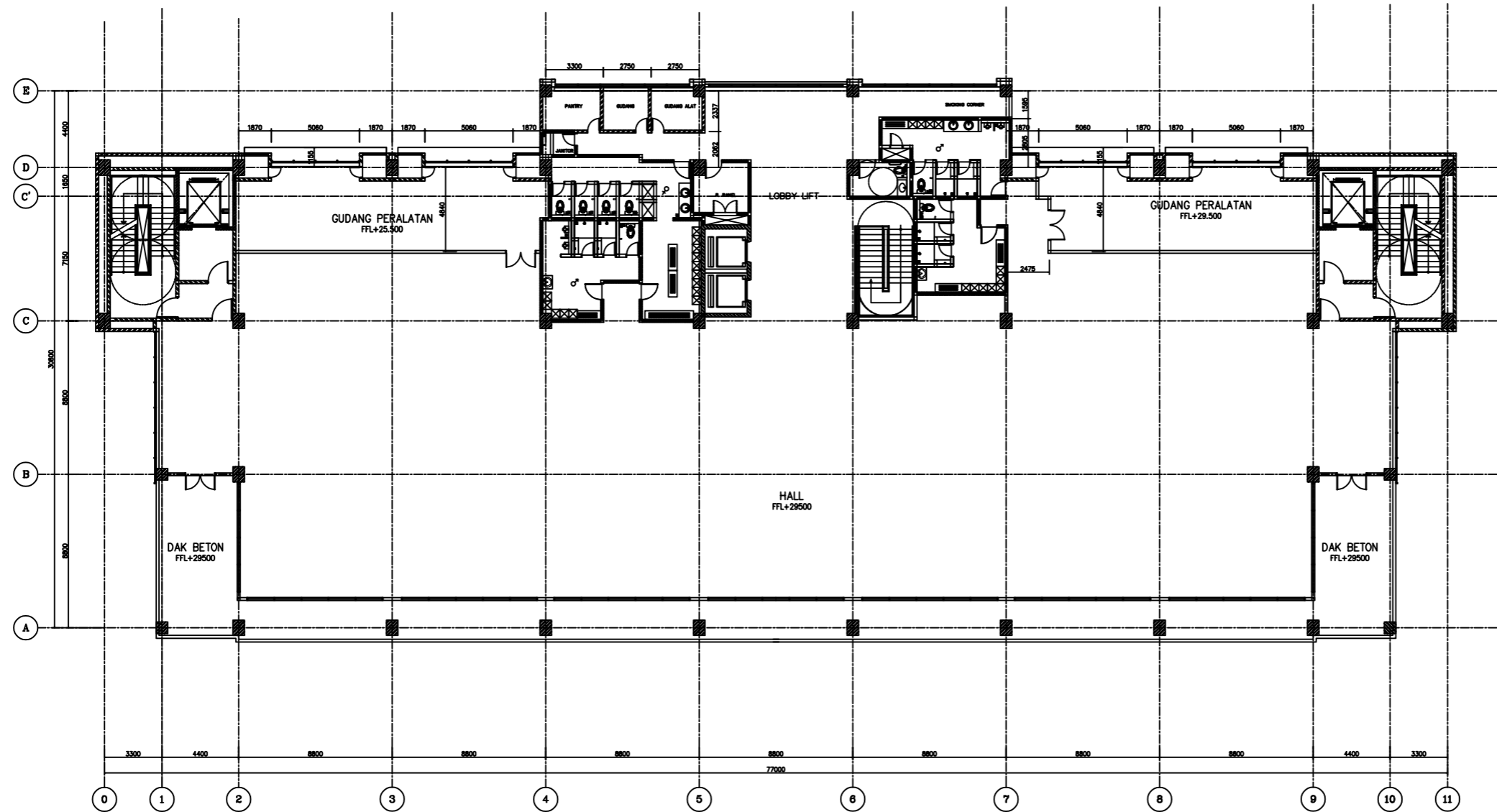
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 8

Catatan :



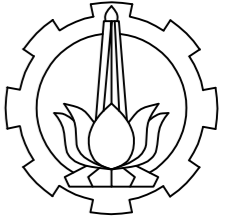
DENAH LANTAI 8 01
SKALA 1 : 125

NOMOR

JUMLAH

A11

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

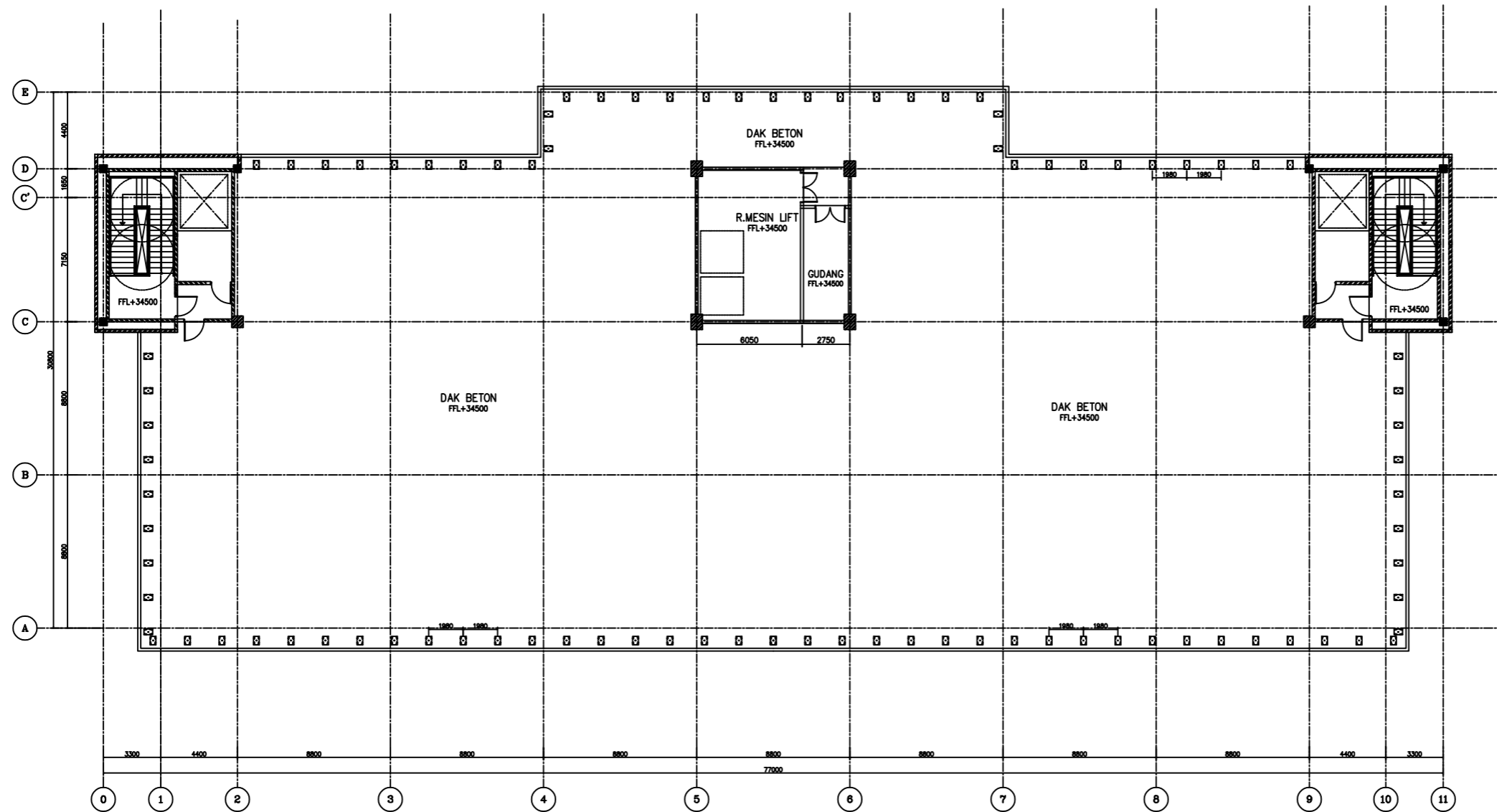
Catatan :

NOMOR

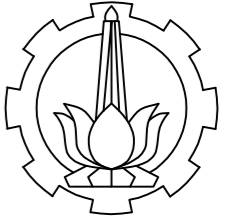
JUMLAH

A12

77



DENAH LANTAI ATAP 01
SKALA 1 : 125



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

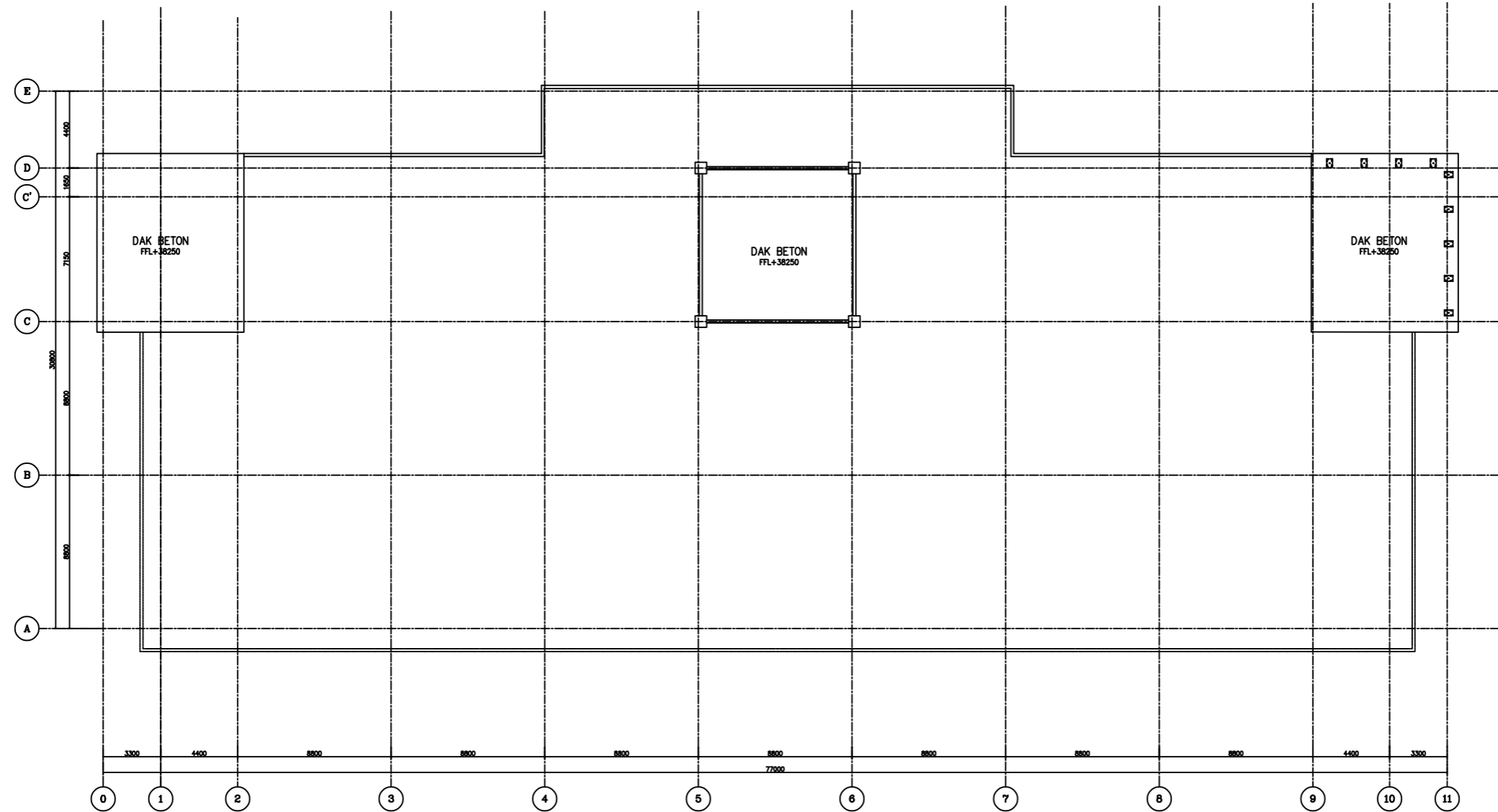
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI RL

Catatan :

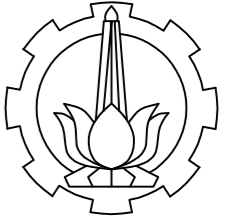


DENAH LANTAI RL 01
 S K A L A 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

A13

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

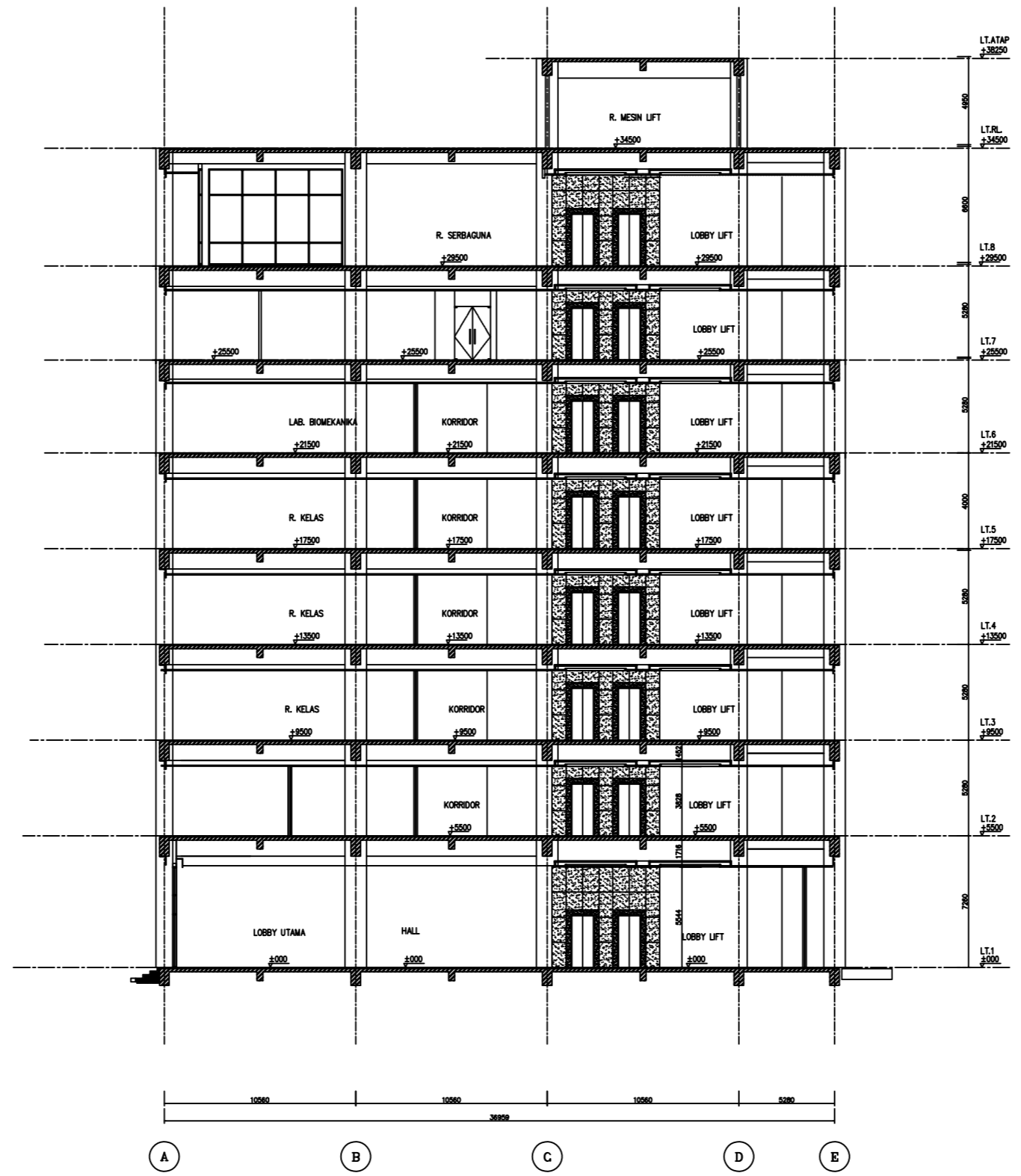
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

Catatan :



POTONGAN A-A
 SKALA 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
A14	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

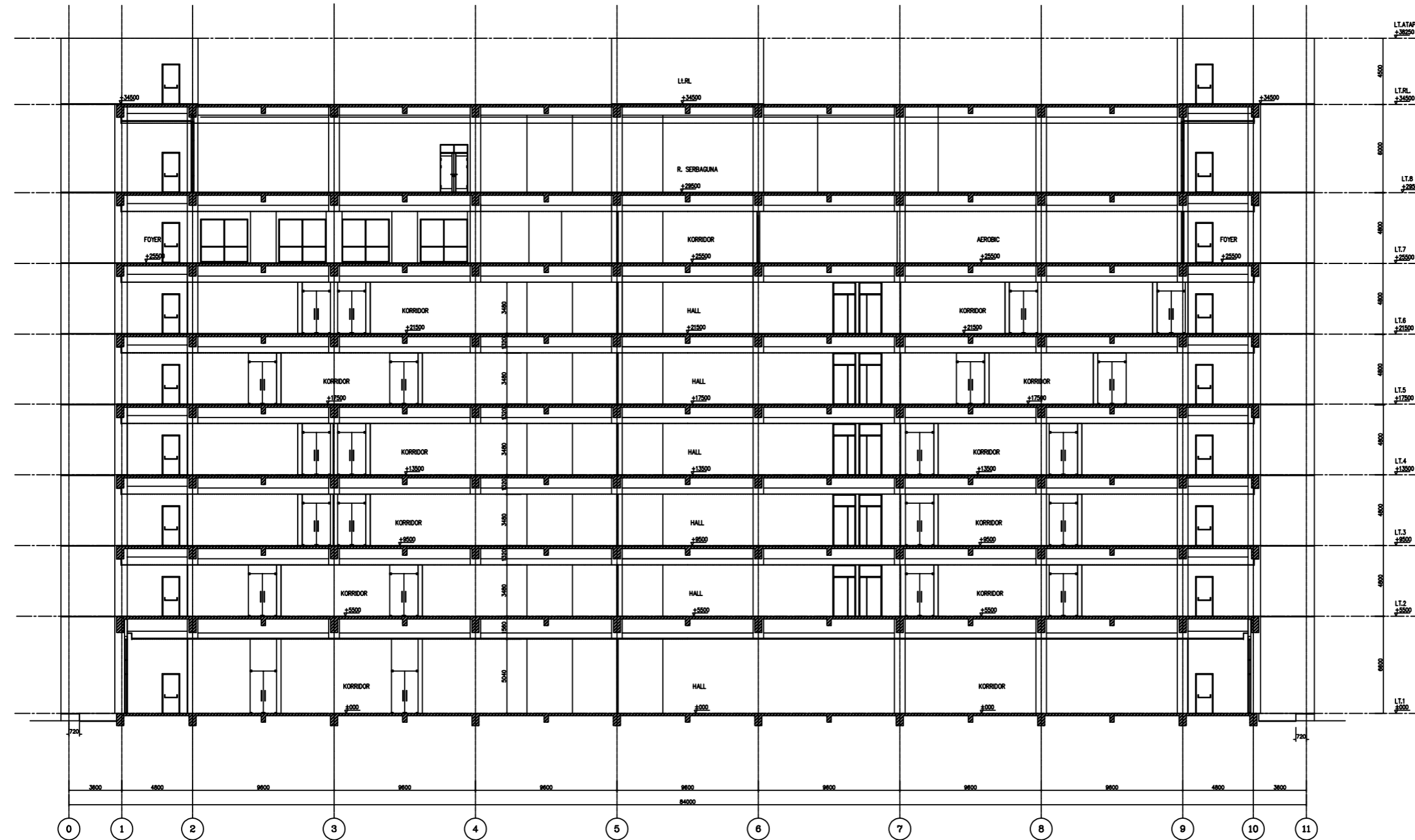
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

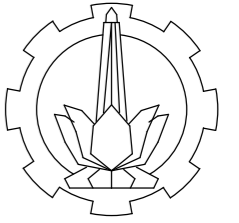
Catatan :



POTONGAN B-B 01
SKALA 1 : 125

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

A15	77
-----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

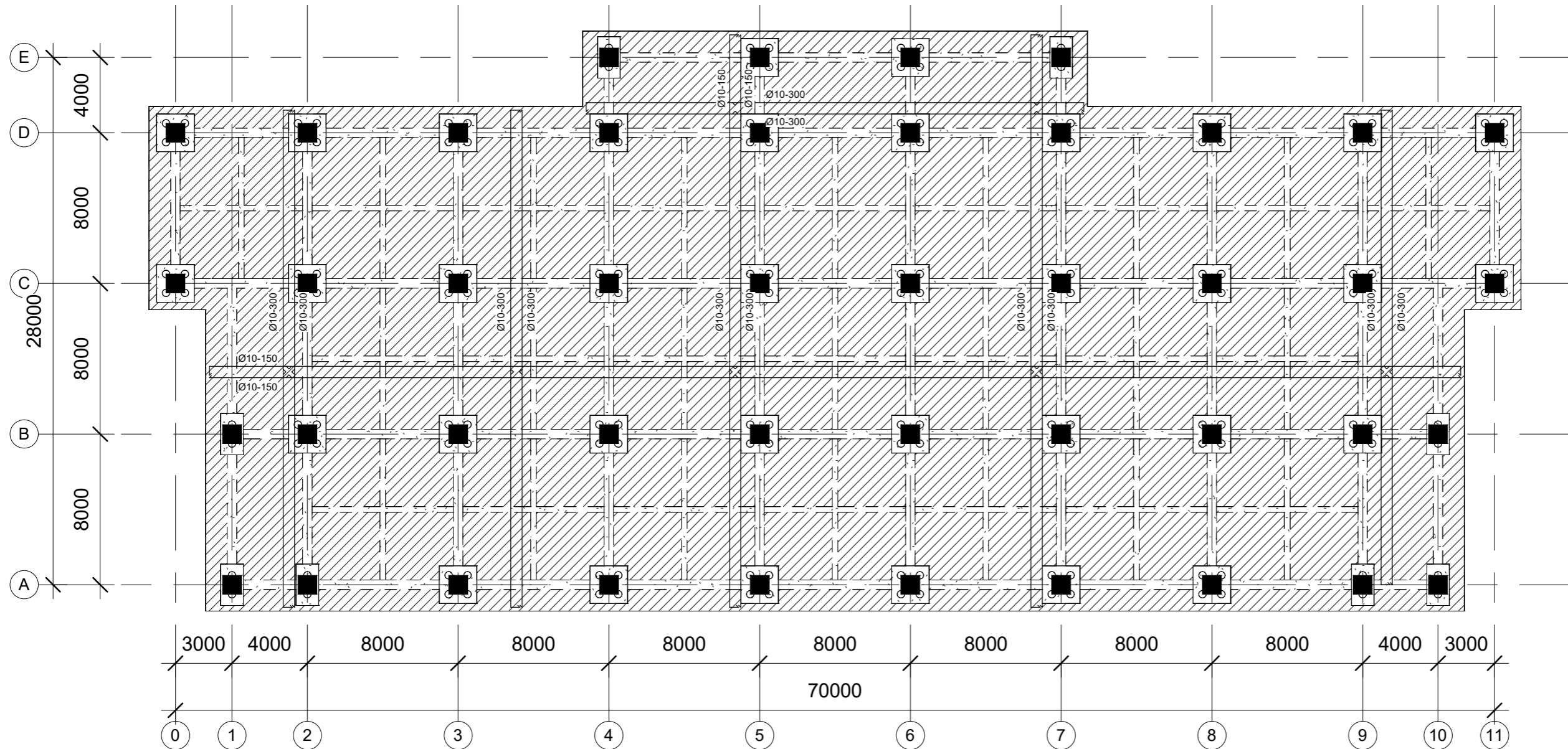
Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT BASEMENT

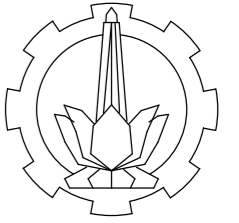
1 : 250

Catatan :



1 DENAH PELAT BASEMENT EL.-2.389
1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S16	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

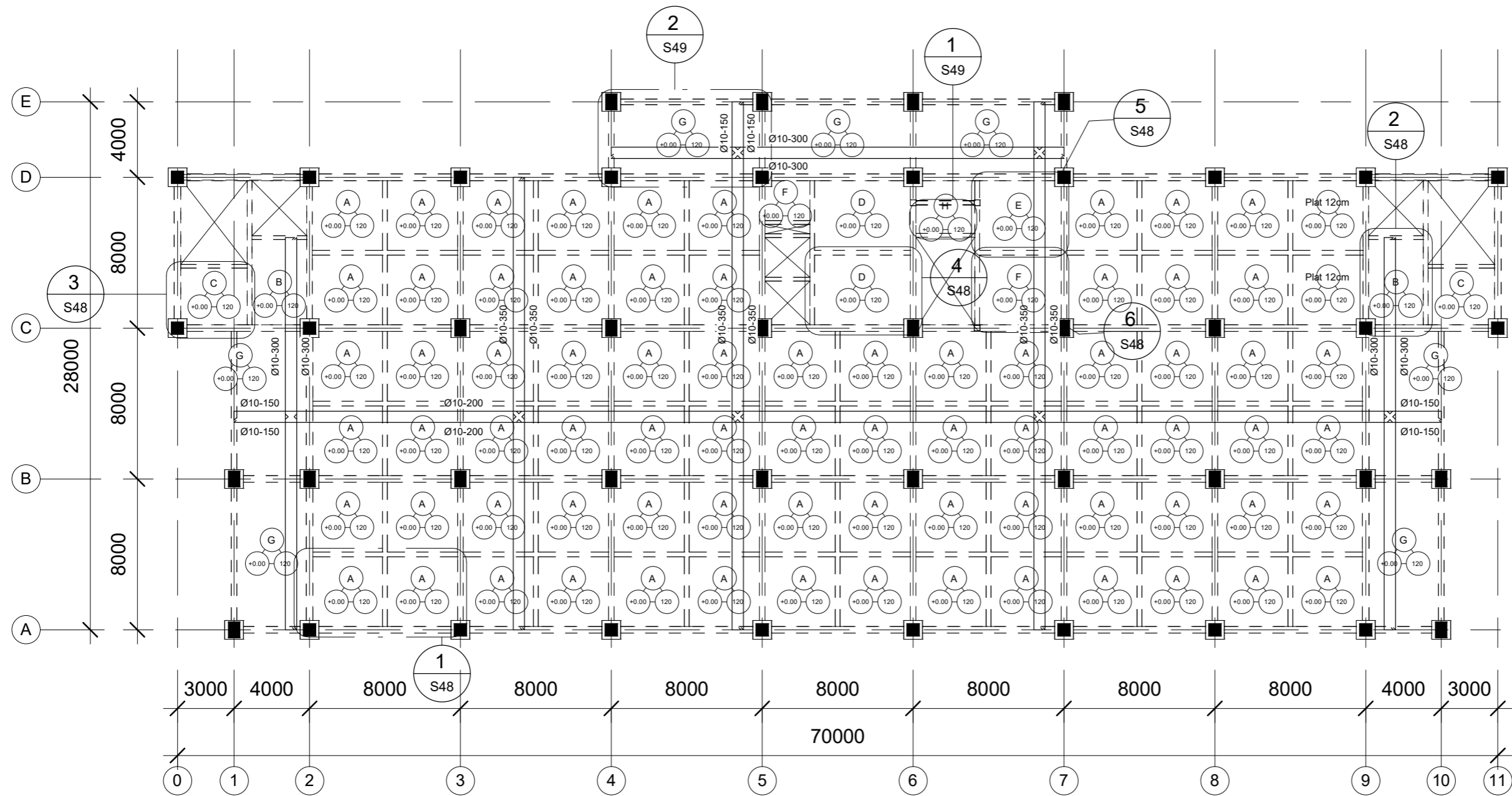
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.1

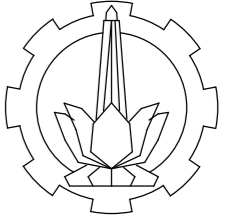
1 : 250

Catatan :



1 DENAH PELAT LANTAI 1 EL.+0.00
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S17	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahraaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

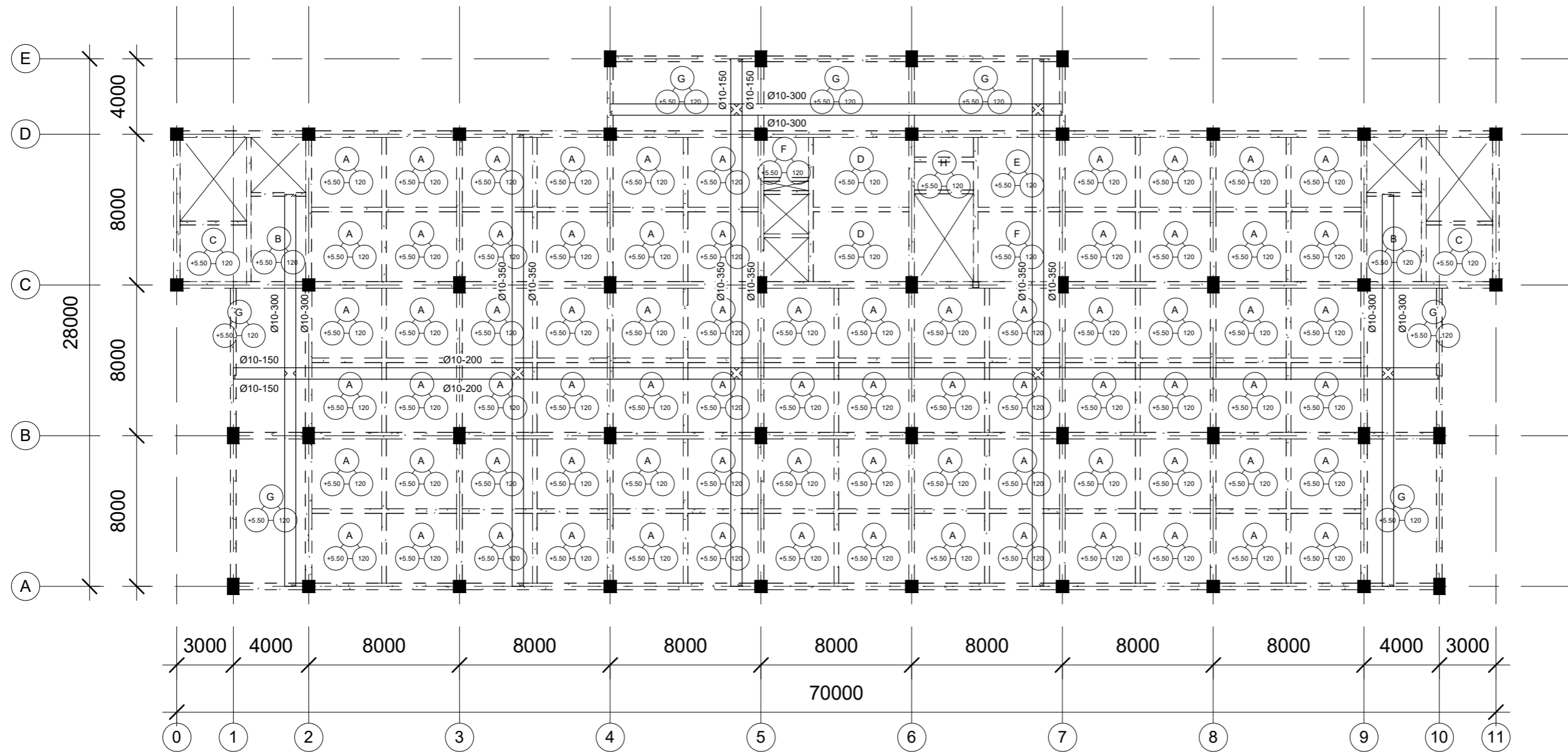
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.2

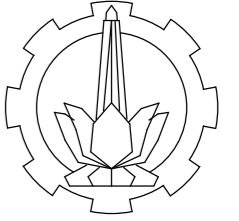
1 : 250

Catatan :



1 DENAH PELAT LANTAI 2 EL.+5.50
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S18	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.3

1 : 250

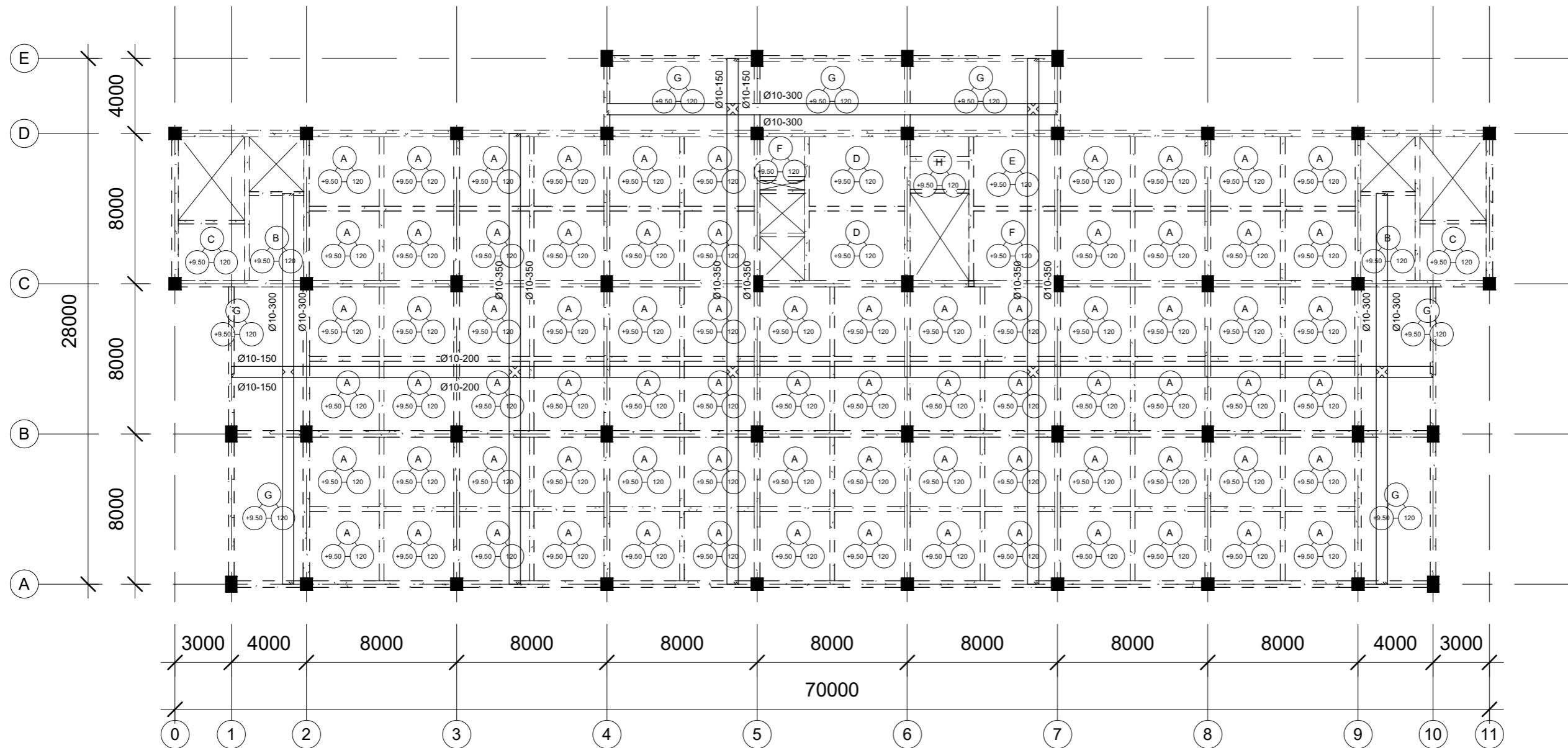
Catatan :

NOMOR

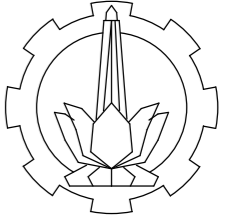
S19

JUMLAH

77



1 DENAH PELAT LANTAI 3 EL.+9.50
1 : 250



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

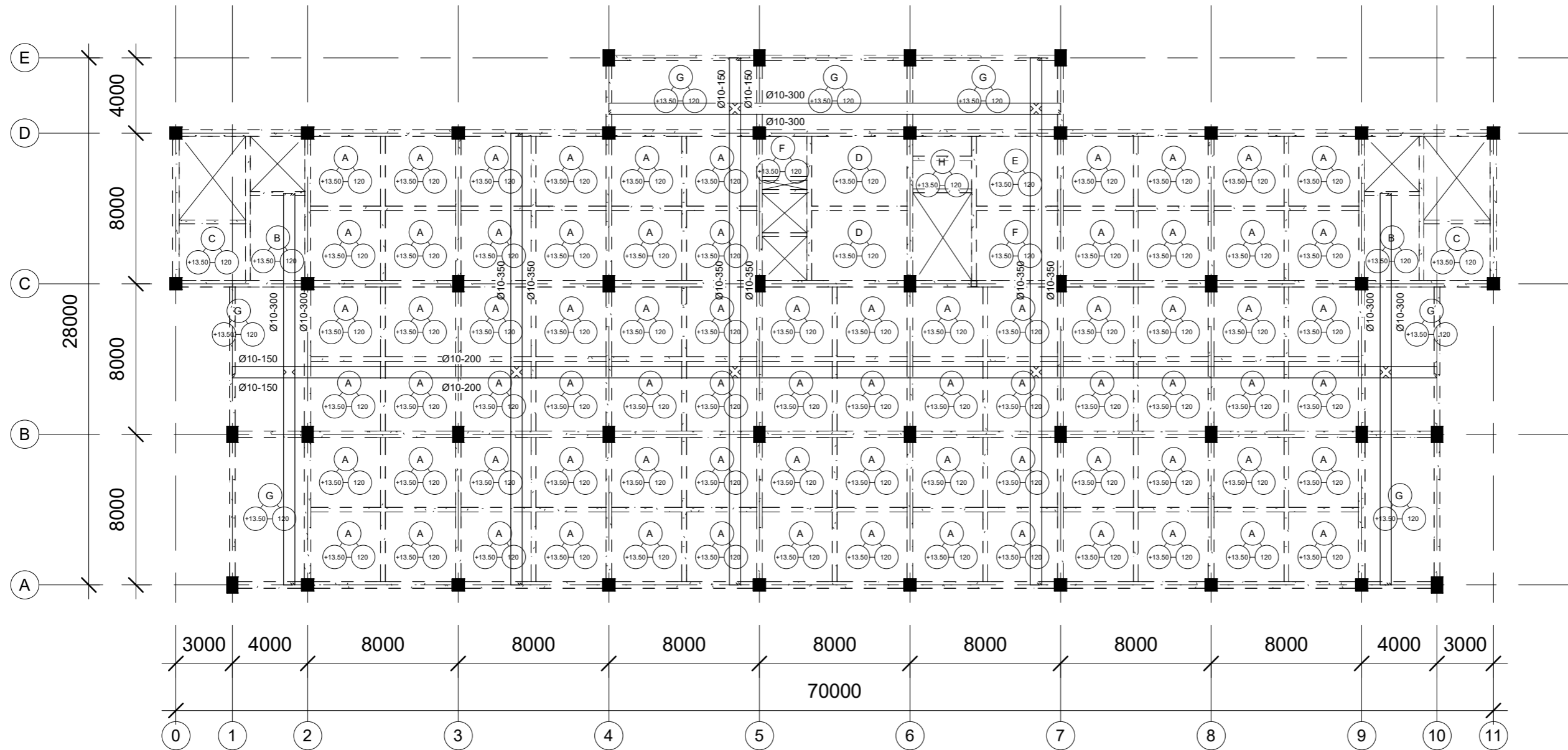
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.4

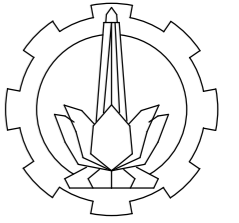
1 : 250

Catatan :



1 DENAH PELAT LANTAI 4 EL.+13.50
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S20	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

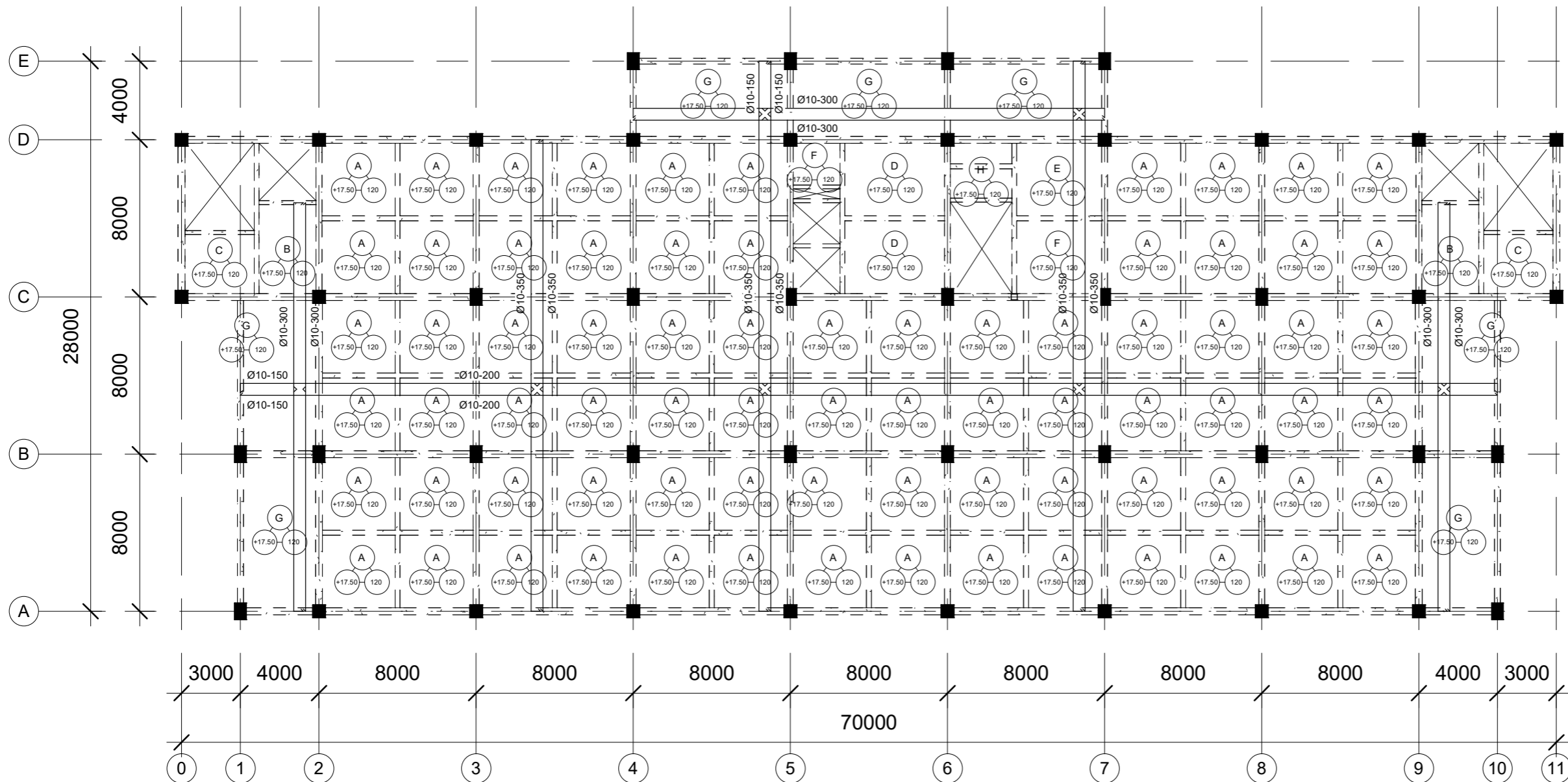
Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.5

1 : 250

Catatan :



1

DENAH PELAT LANTAI 5 EL.+17.50

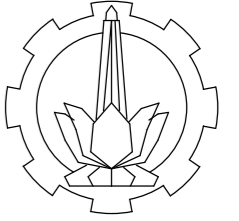
1 : 250

NOMOR

S21

JUMLAH

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

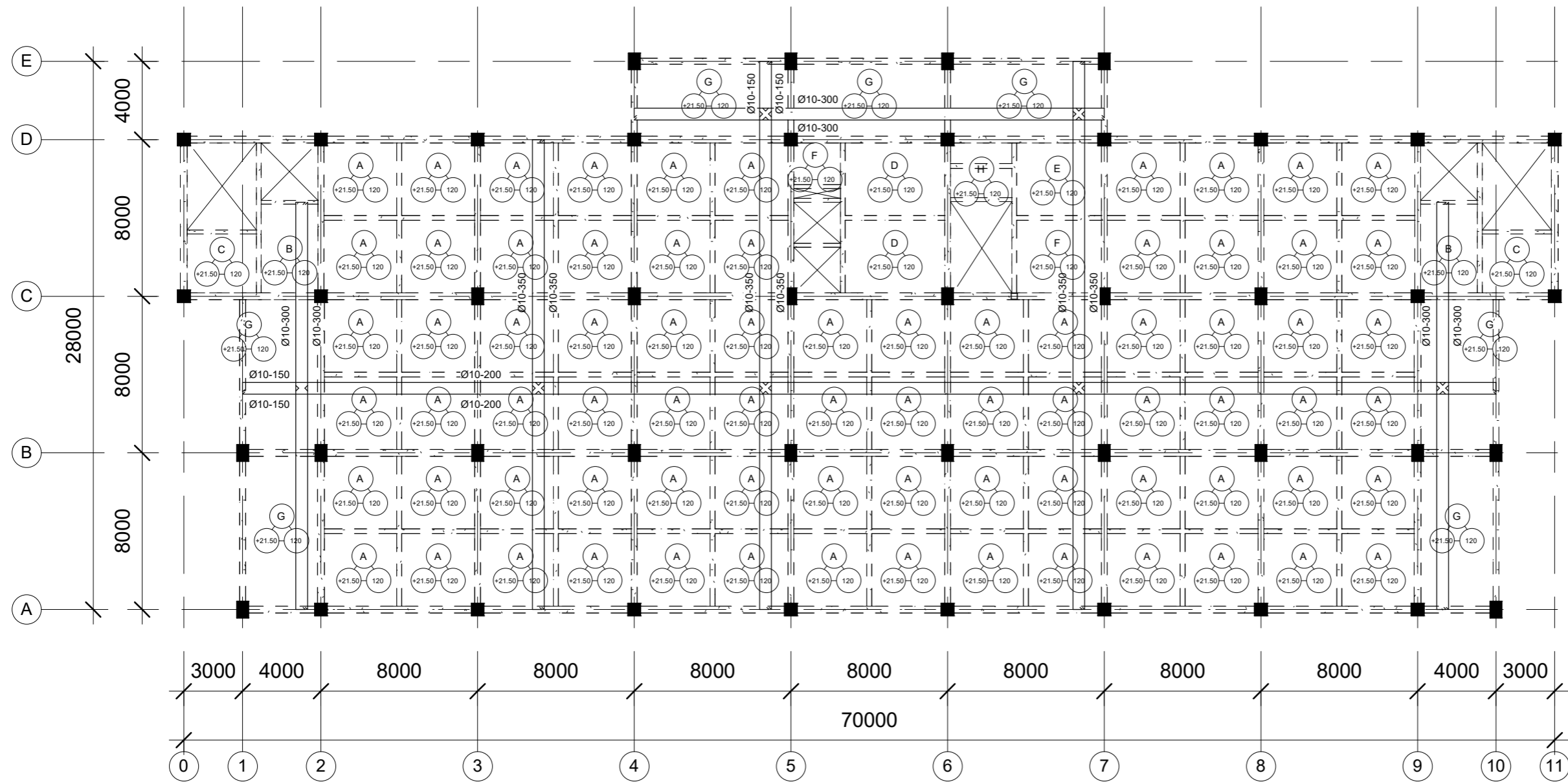
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.6

1 : 250

Catatan :

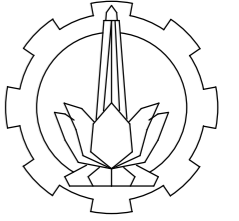


1 DENAH PELAT LANTAI 6 EL.+21.50
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S22

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.7

1 : 250

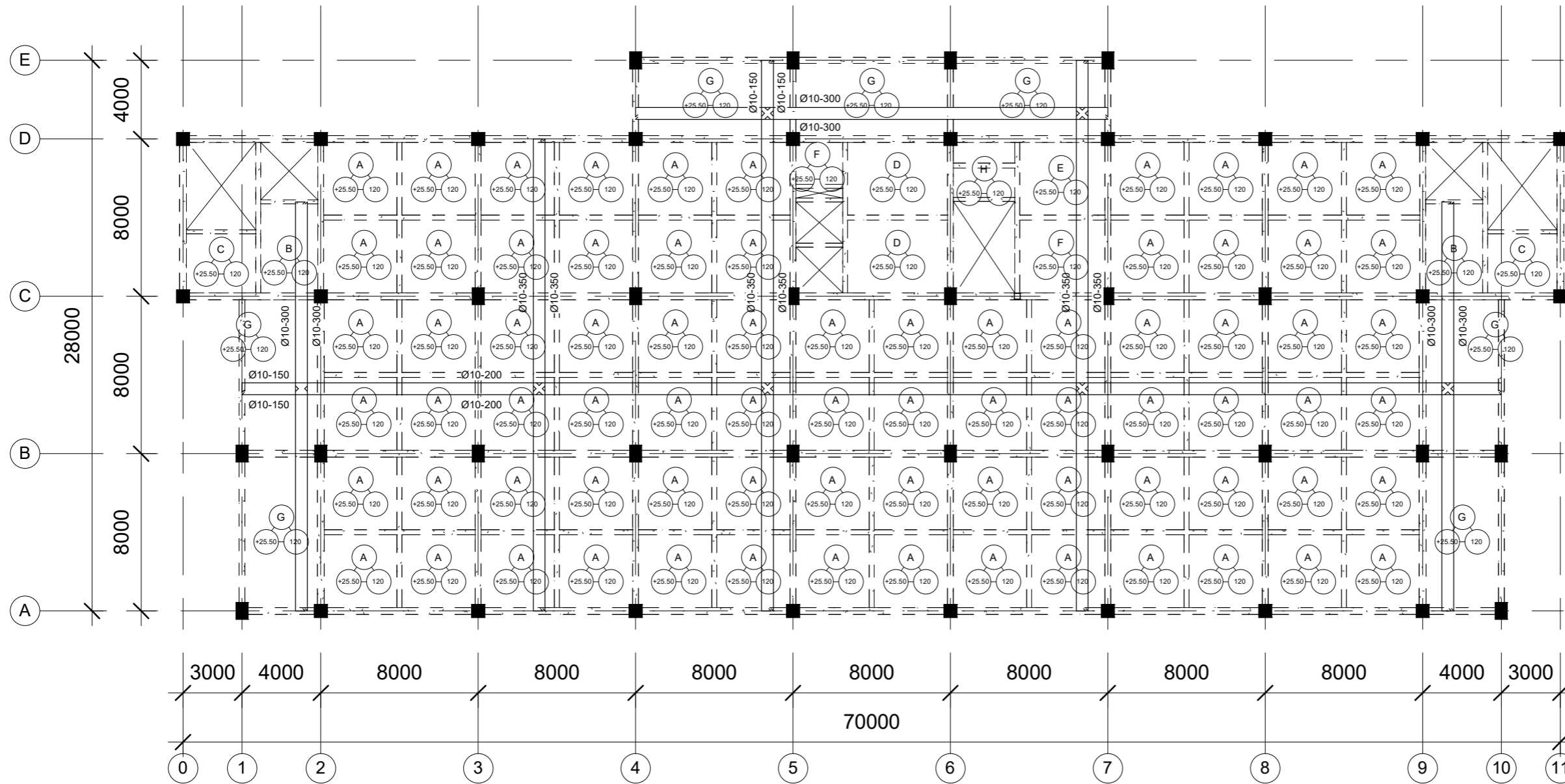
Catatan :

NOMOR

S23

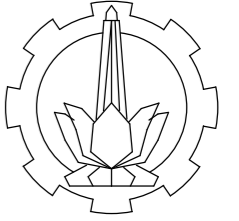
JUMLAH

77



1 DENAH PELAT LANTAI 7 EL.+25.50

1 : 250



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT.8

1 : 250

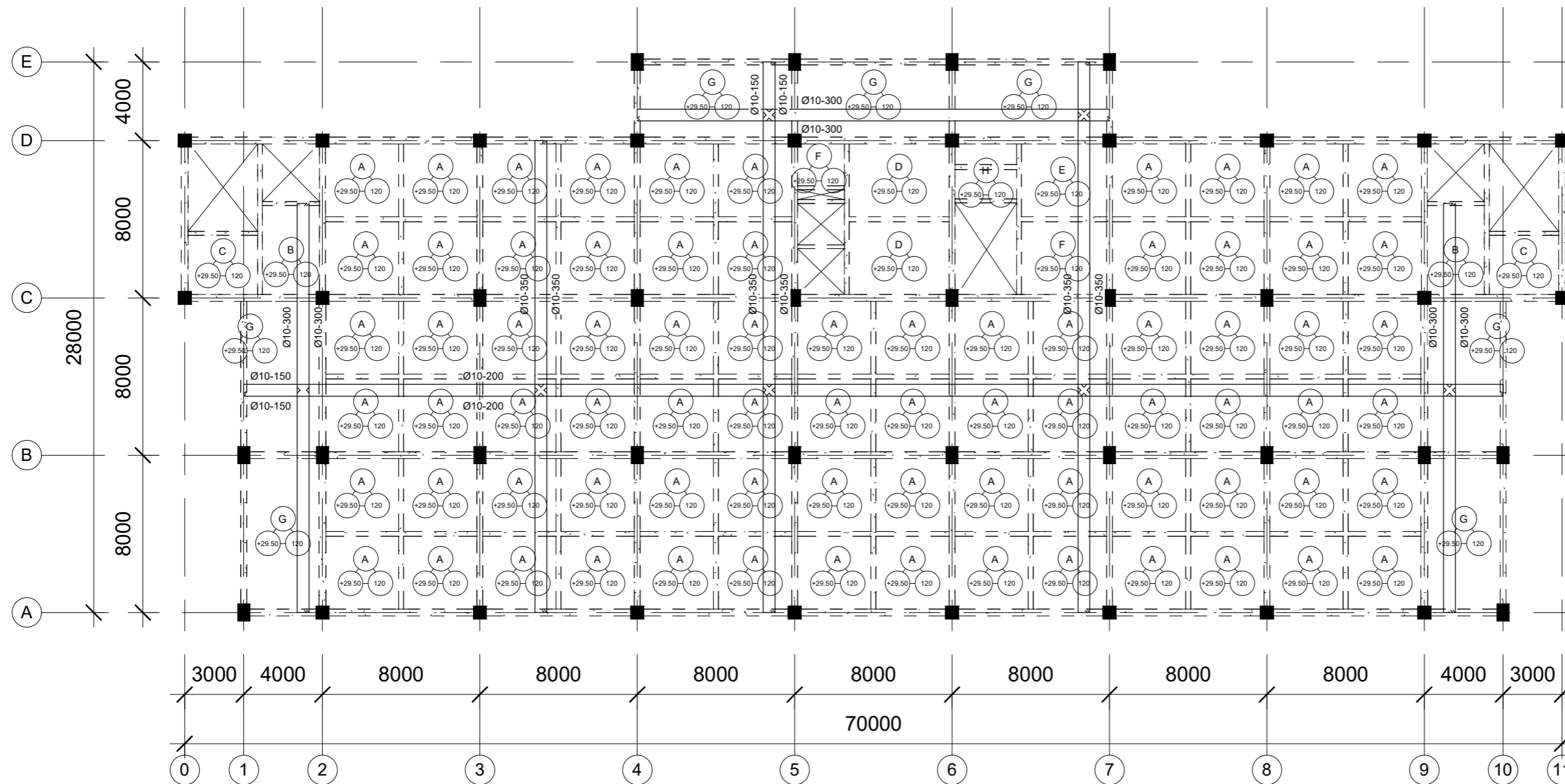
Catatan :

NOMOR

S24

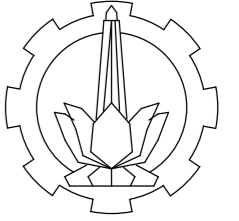
JUMLAH

77



1 DENAH PELAT LANTAI 8 EL.+29.50

1 : 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PELAT LT. ATAP

1 : 250

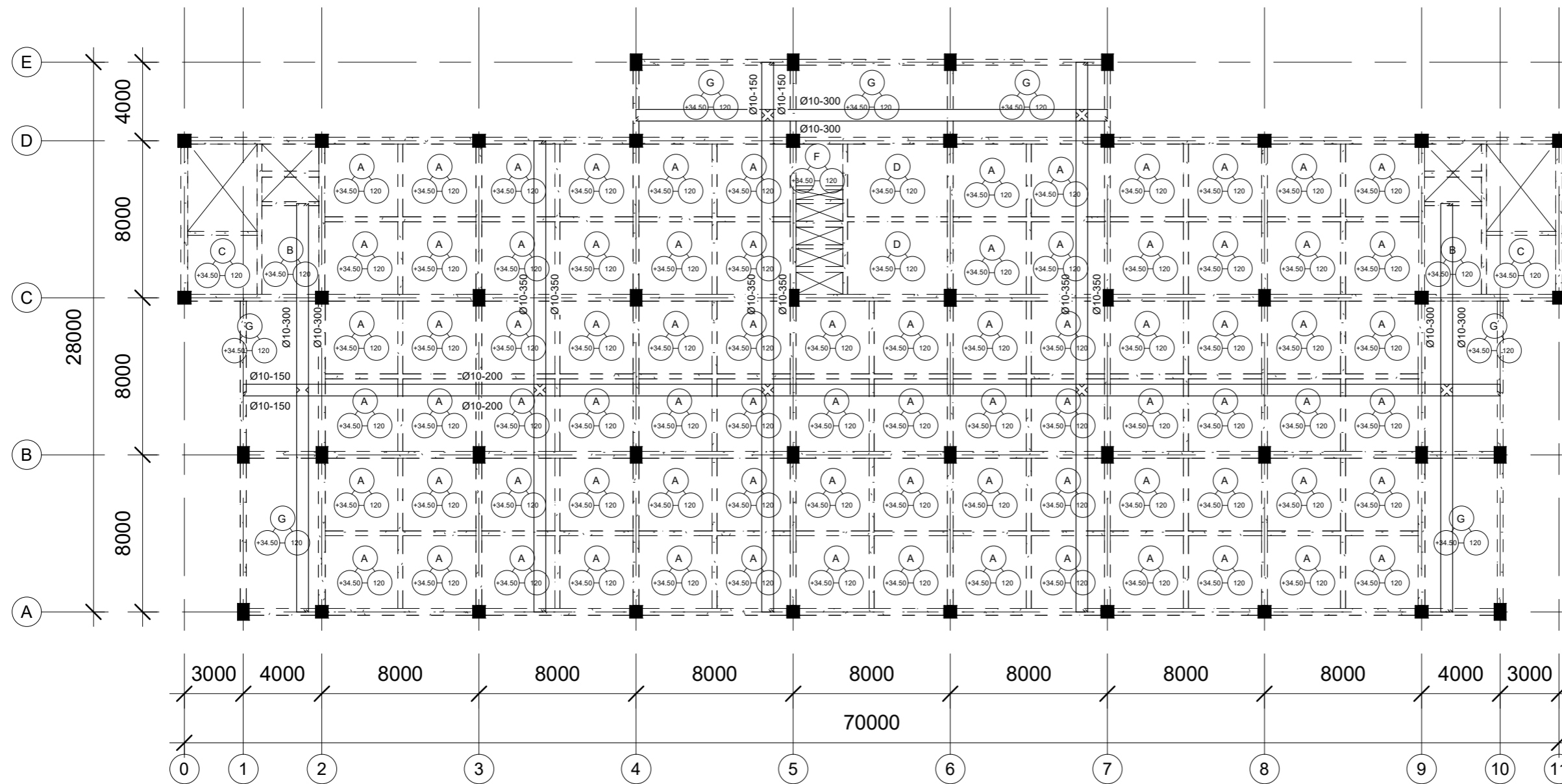
Catatan :

NOMOR

S25

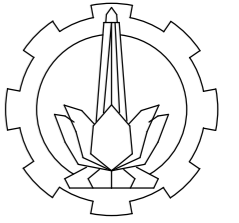
JUMLAH

77



1 DENAH PELAT LANTAI ATAP EL.+34.50

1 : 250



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

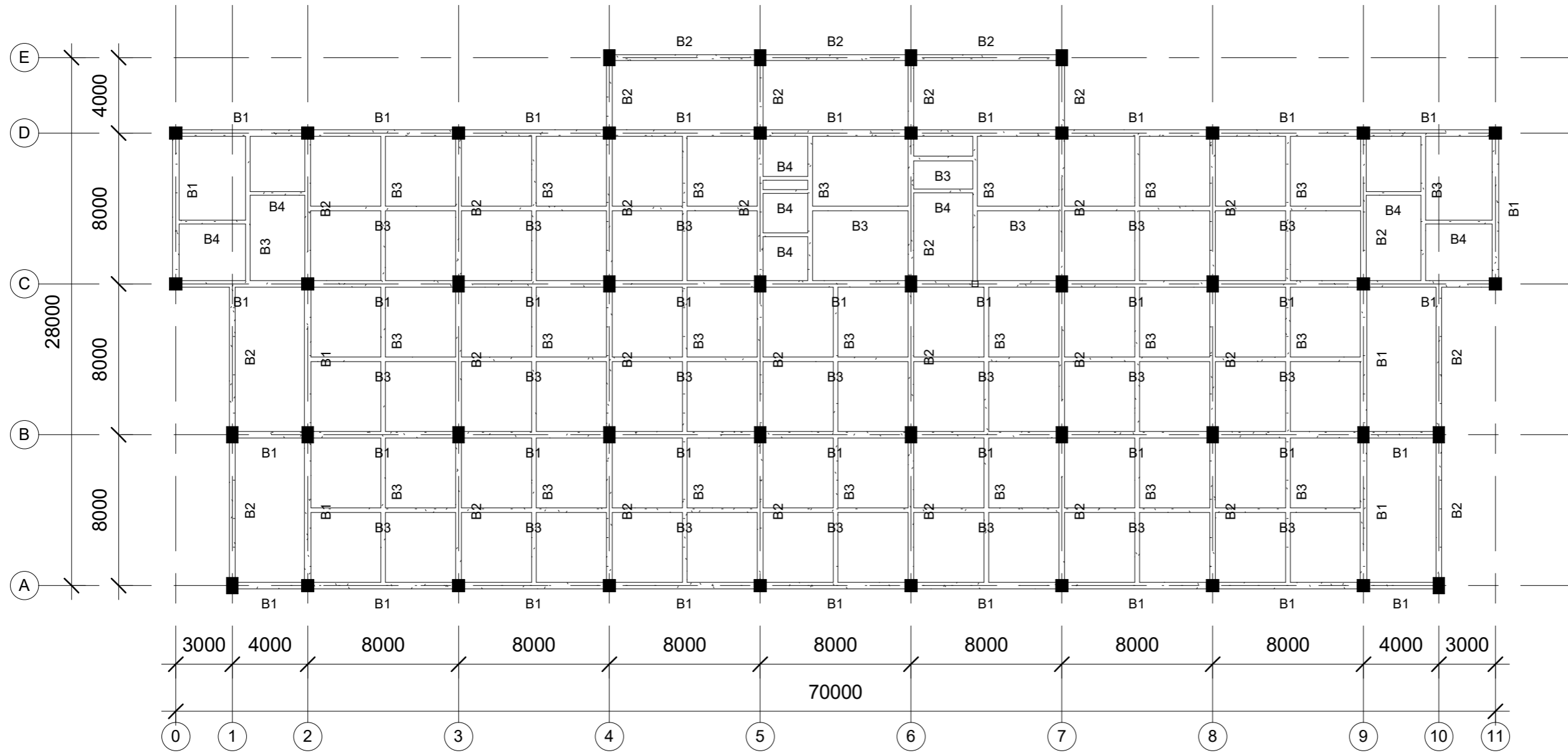
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.1

1 : 250

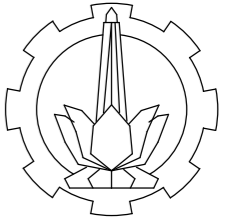
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.1 EL.+0.00
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S26	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

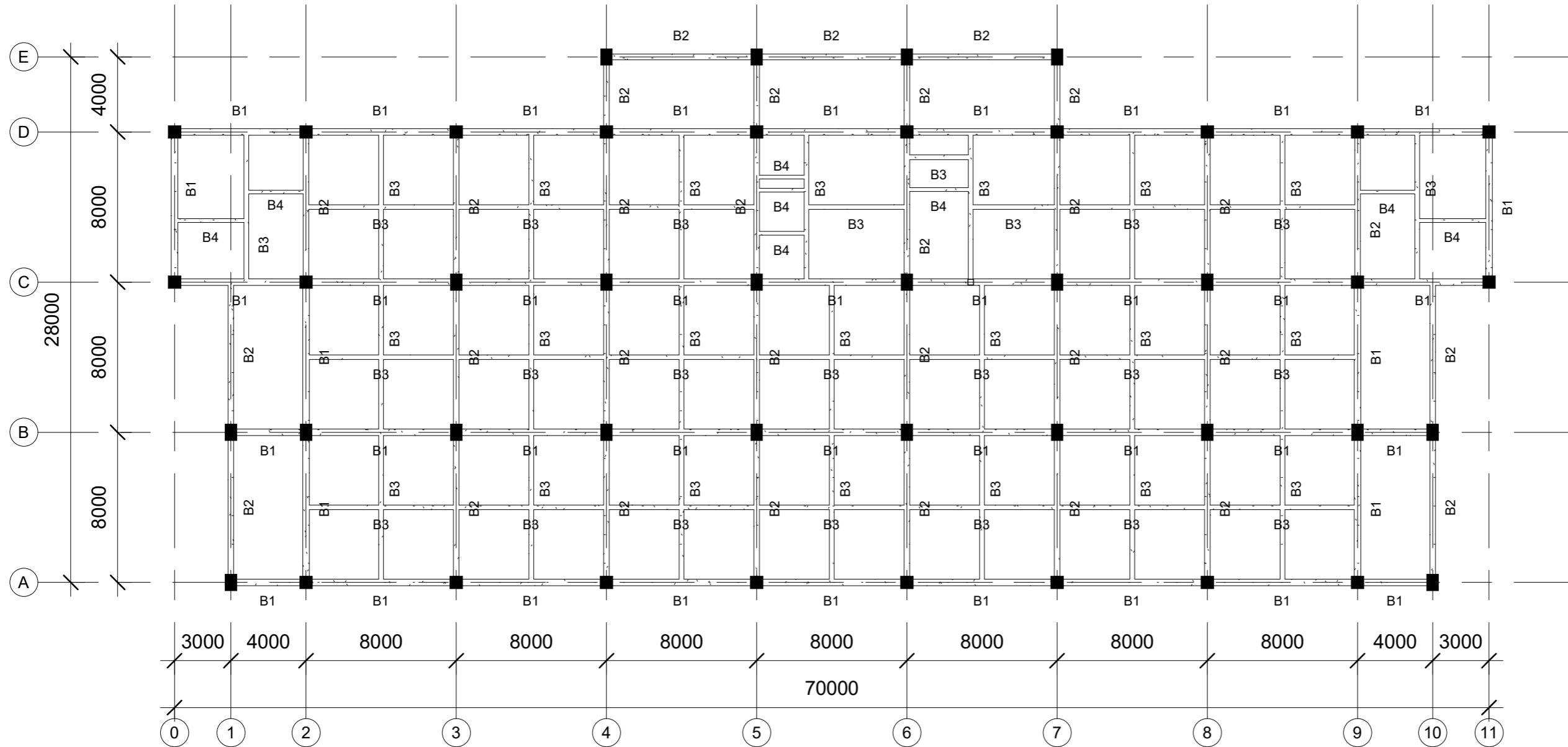
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.2

1 : 250

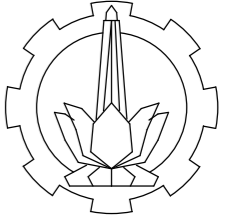
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.2 EL.+5.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S27	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

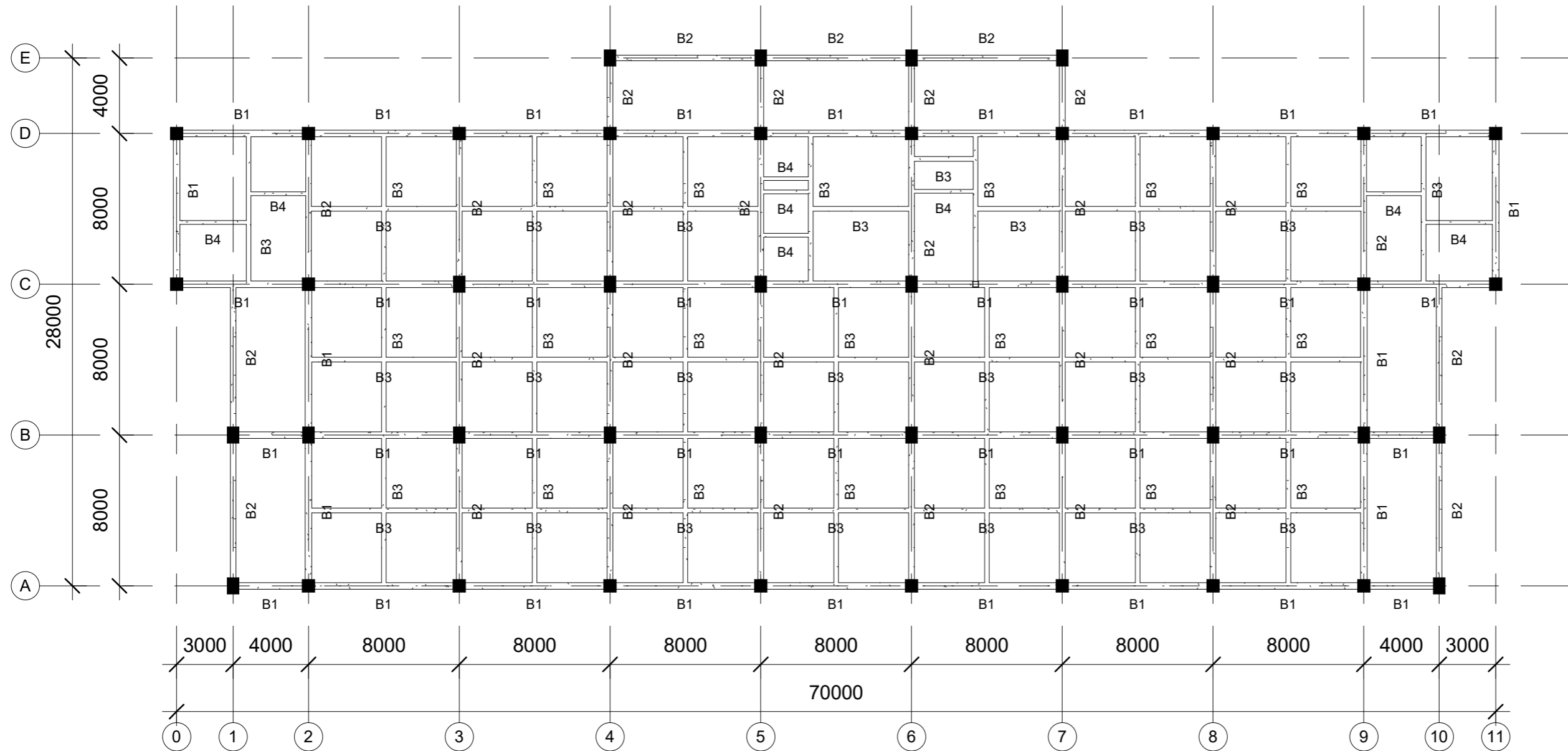
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.3

1 : 250

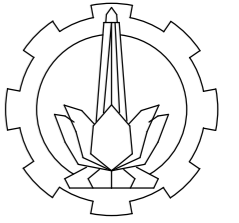
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.3 EL.+9.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S28	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

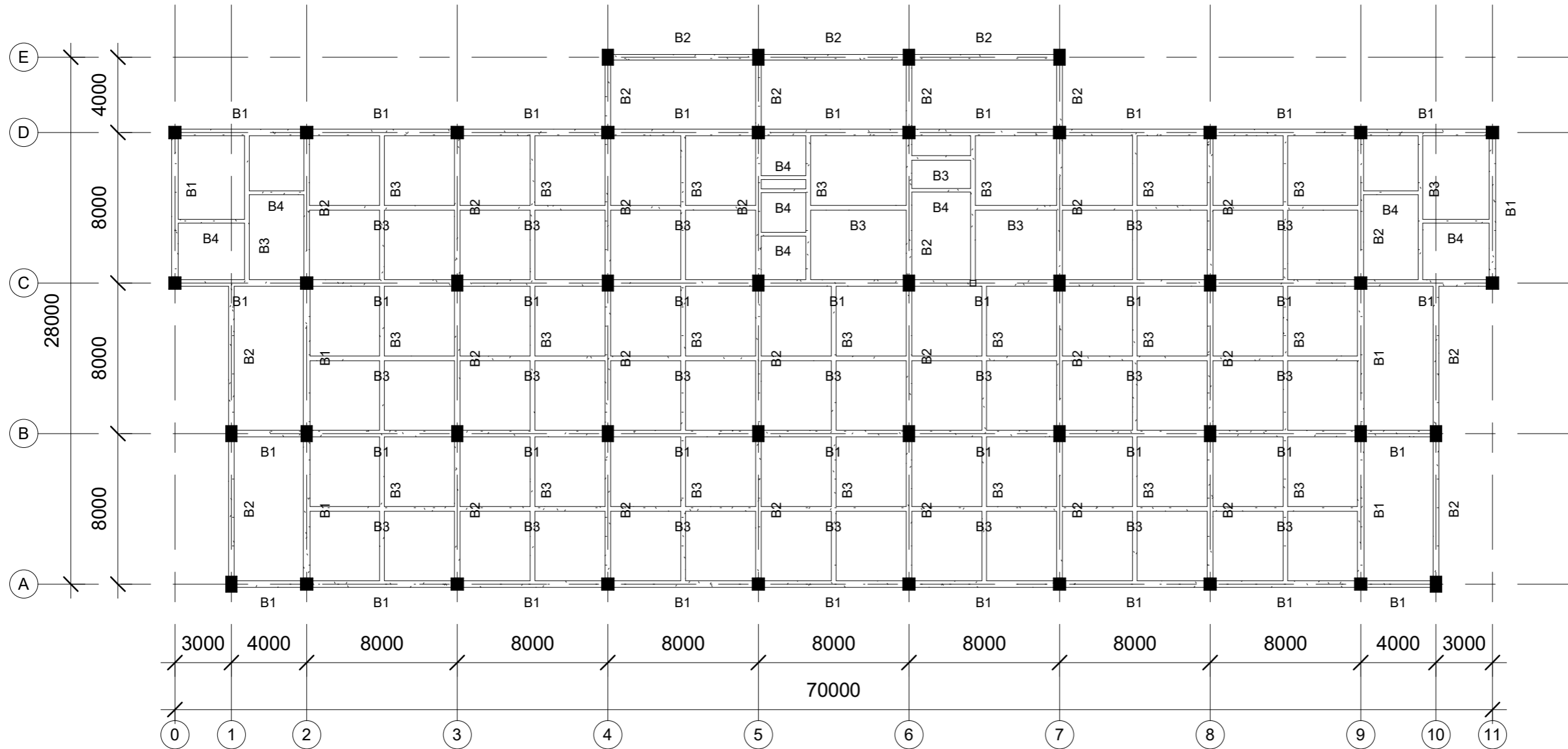
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.4

1 : 250

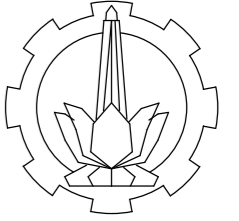
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.4 EL.+13.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S29	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

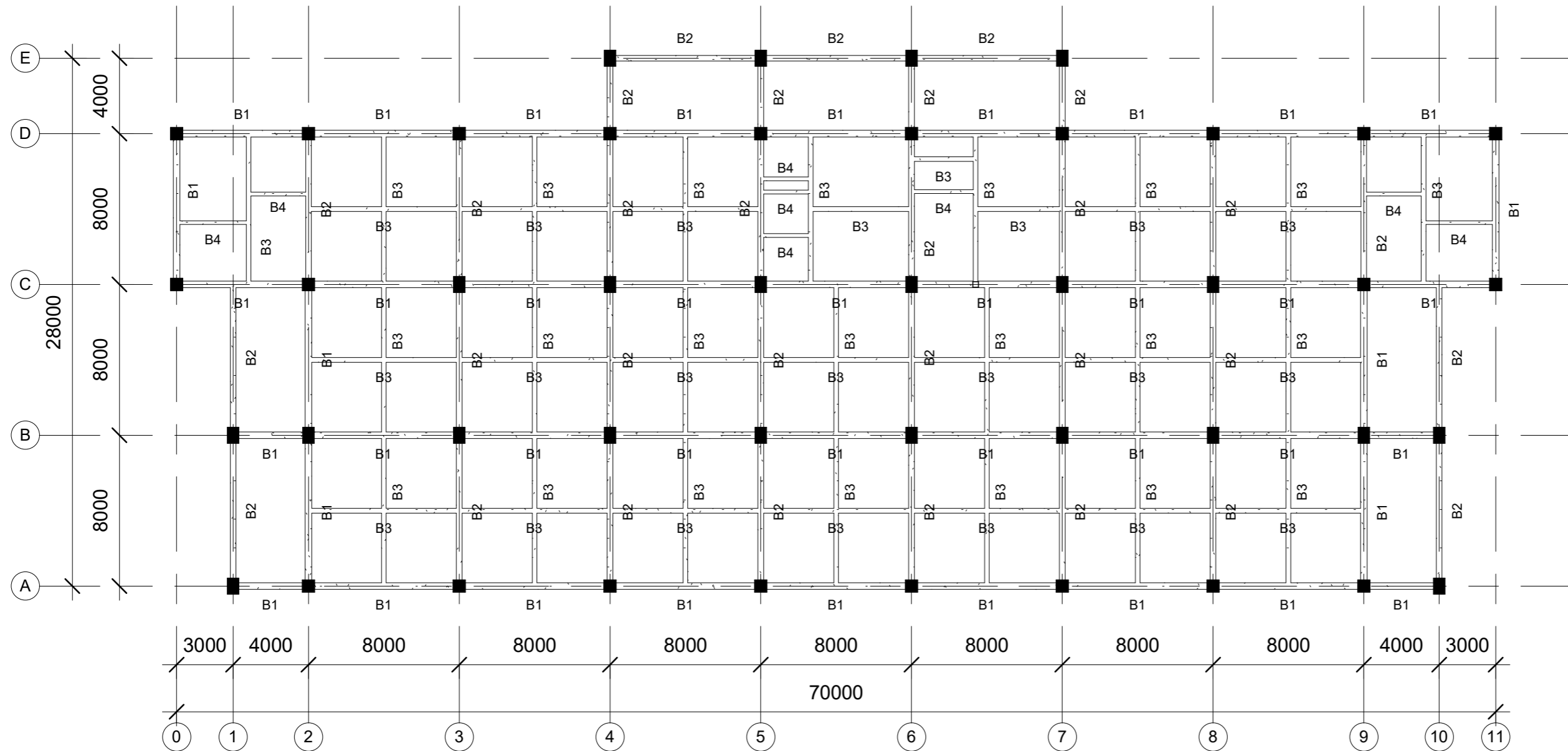
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.5

1 : 250

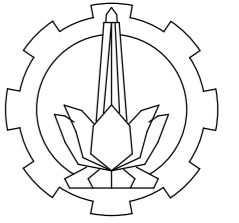
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.5 EL.+17.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S30	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

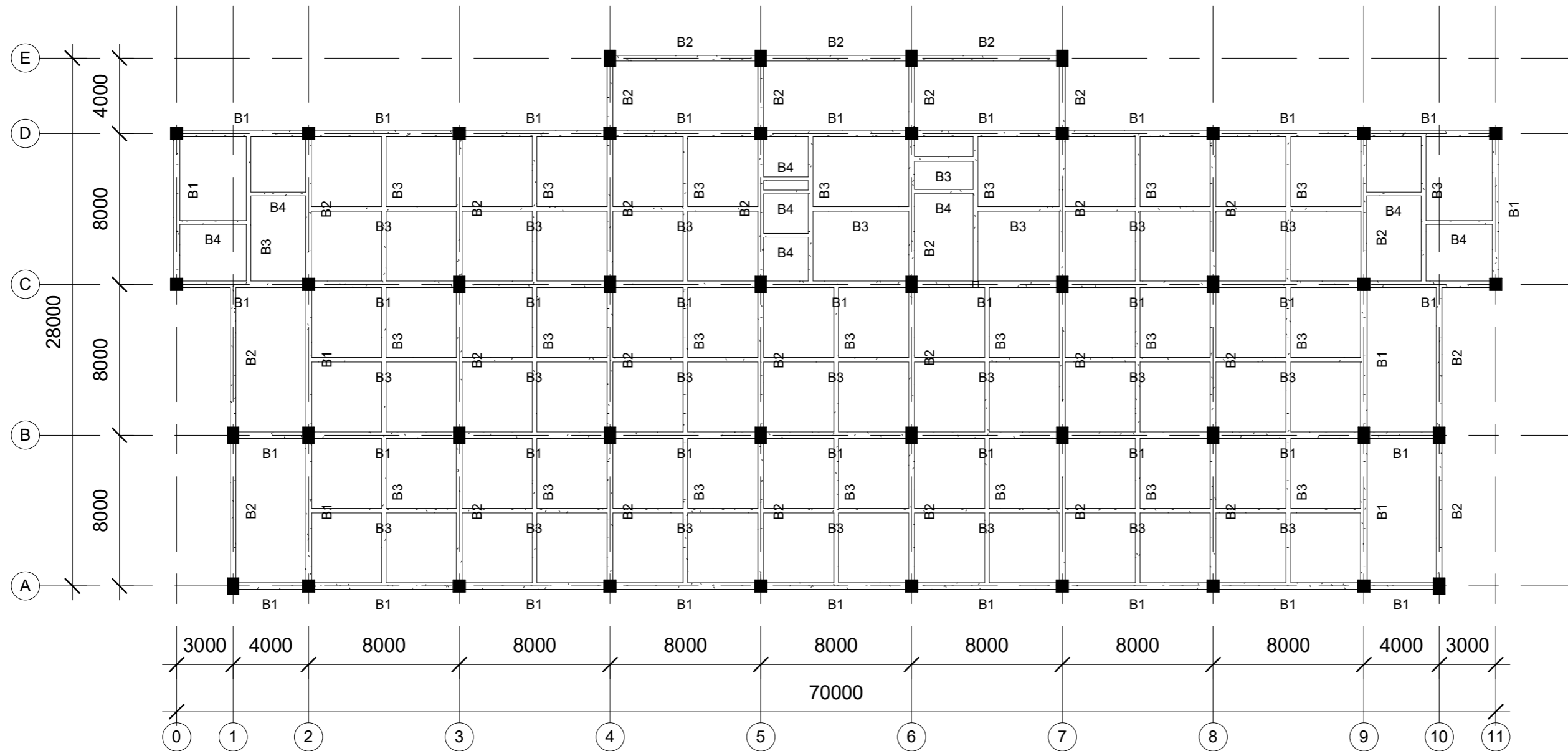
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.6

1 : 250

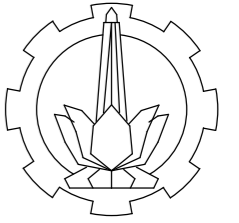
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.6 EL.+21.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S31	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

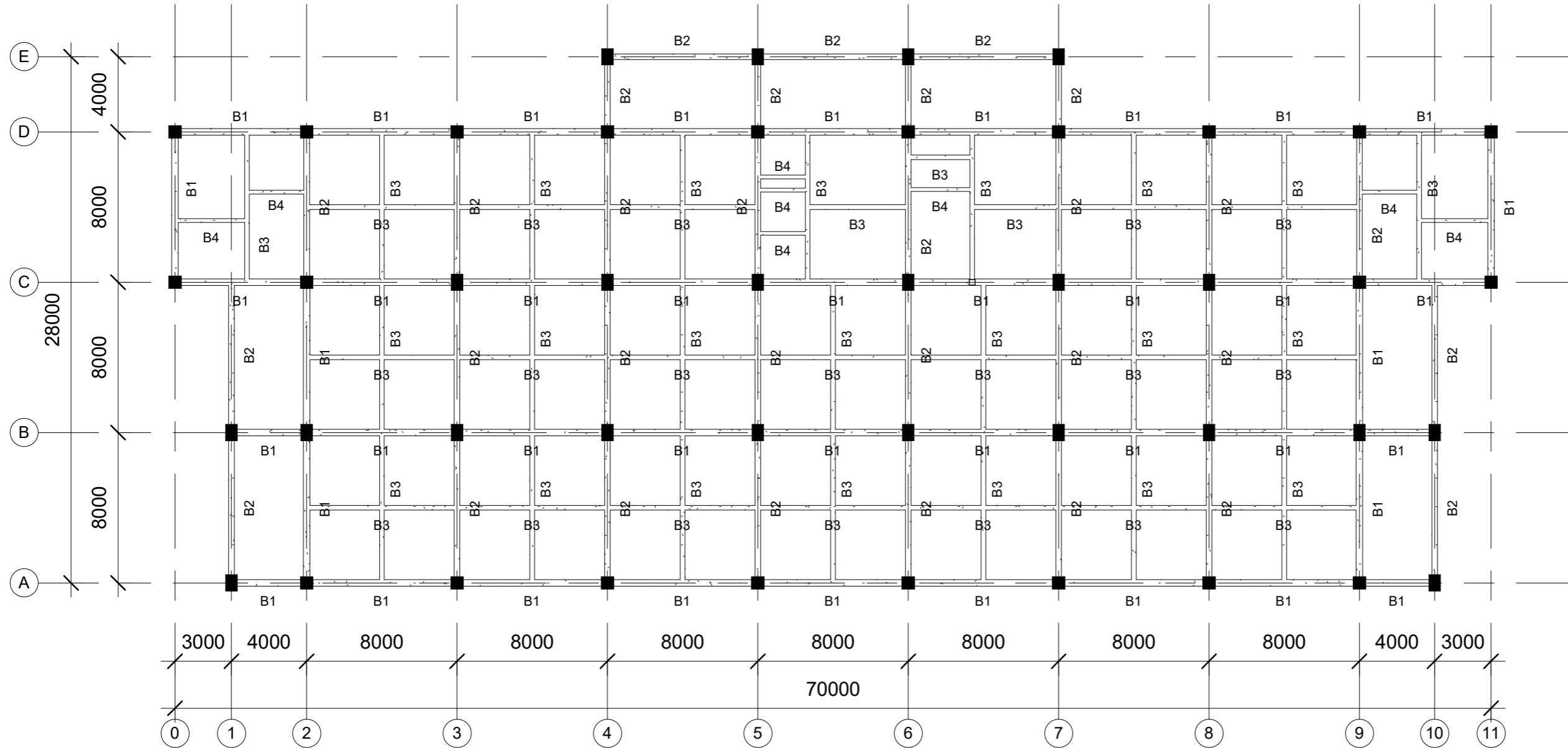
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.7

1 : 250

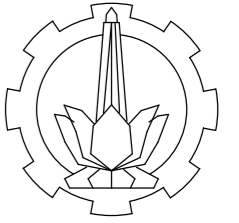
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.7 EL.+25.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S32	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

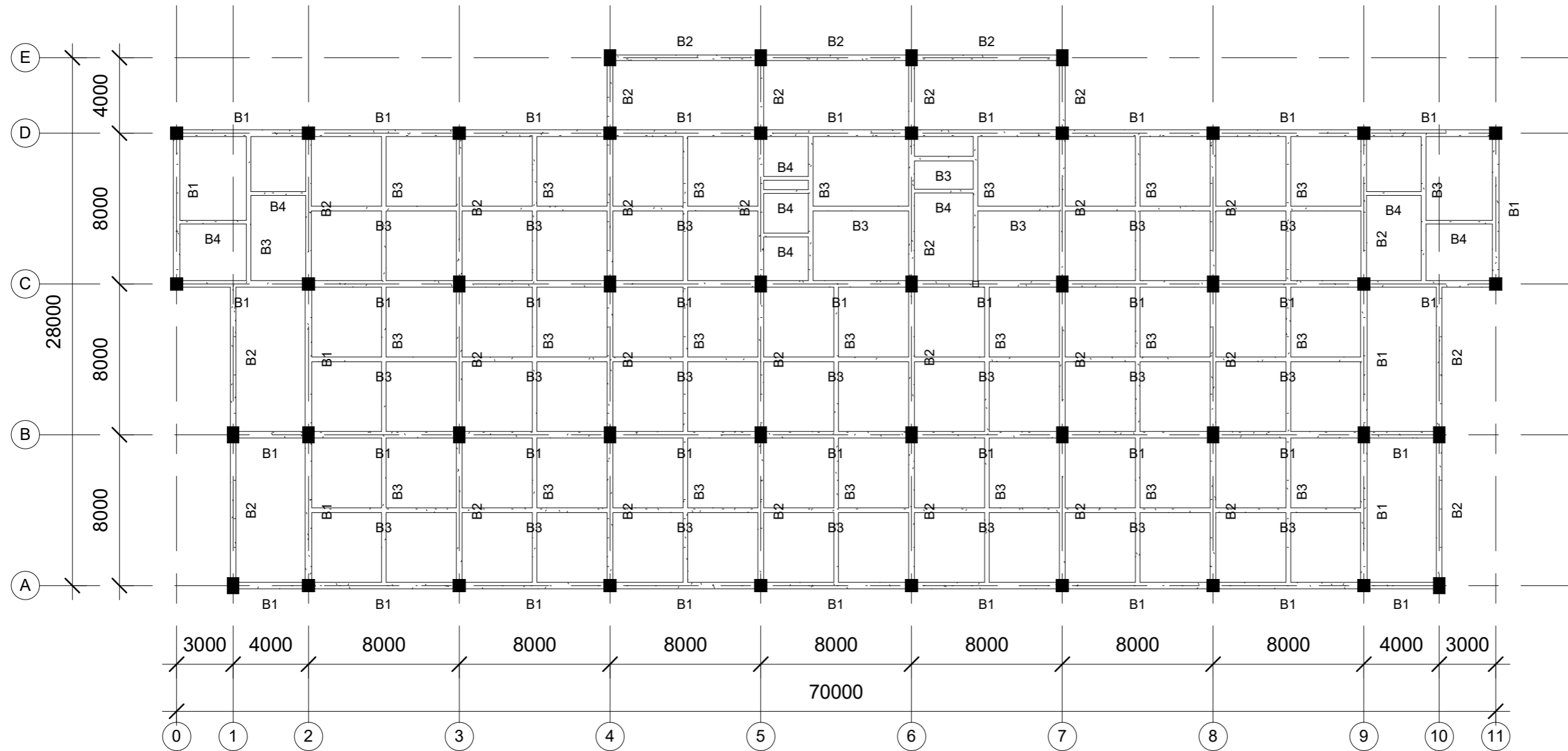
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.8

1 : 250

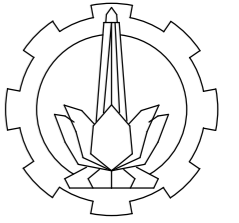
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.8 EL.+29.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40

NOMOR	JUMLAH
S33	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

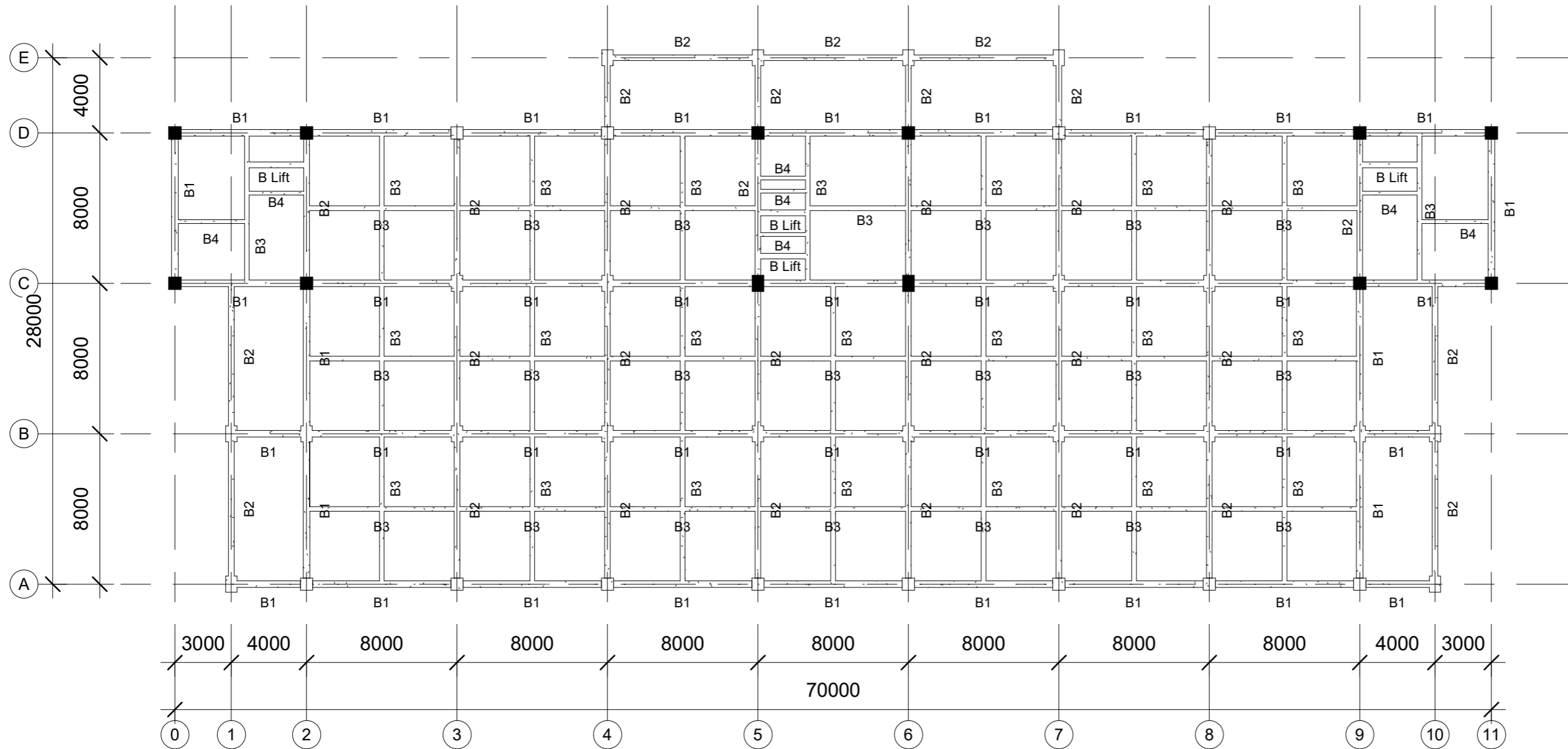
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.ATAP

1 : 250

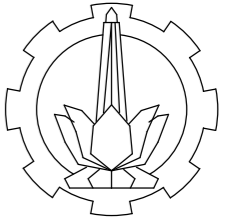
Catatan :



1 DENAH PEMBALOKAN LT.ATAP
 EL.+34.50
 1 : 250

KETERANGAN:	
TIPE	DIMENSI
B1	35/70
B2	30/65
B3	25/55
B4	20/40
B Lift	30/55

NOMOR	JUMLAH
S34	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

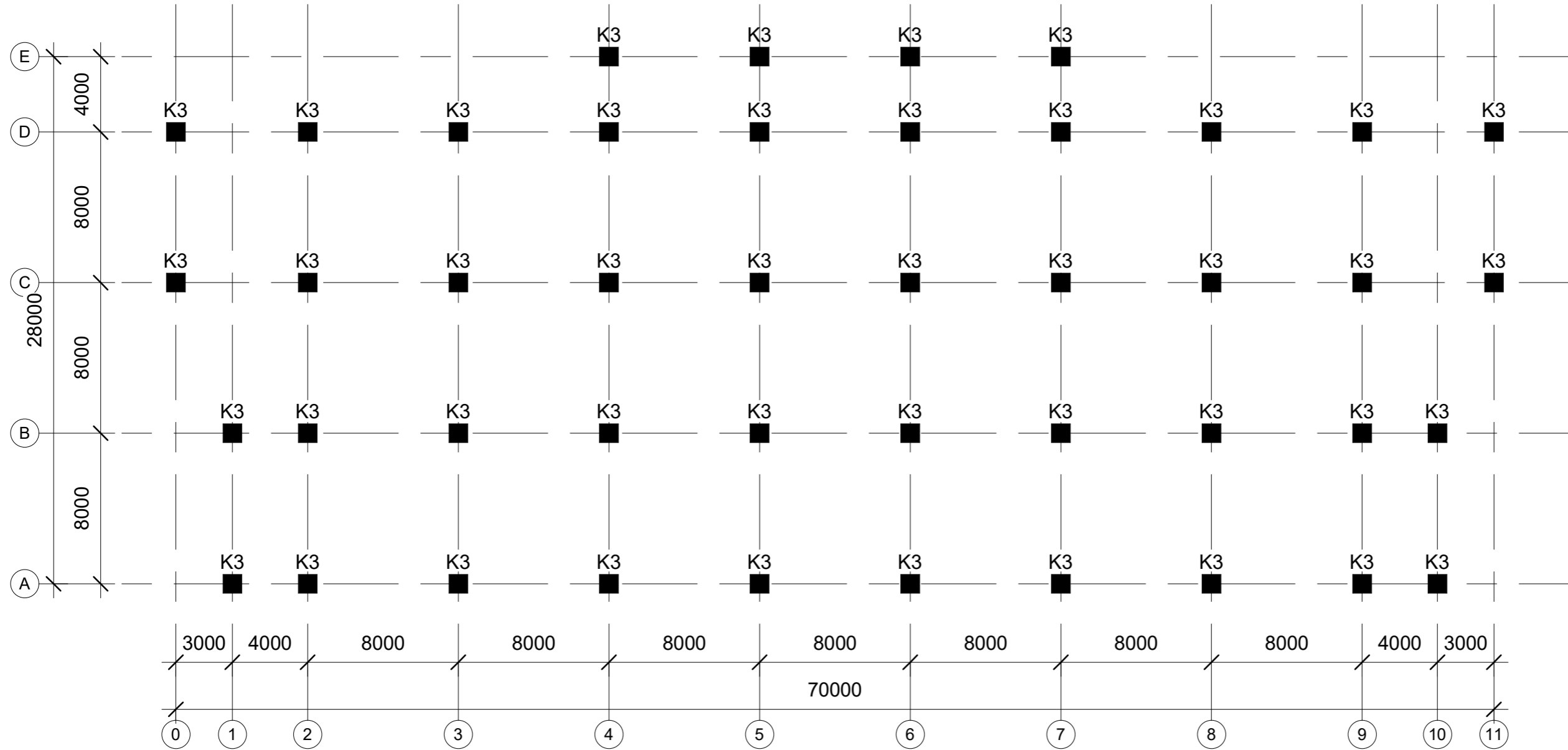
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM PEDESTAL

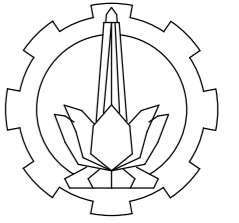
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM PEDESTAL
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S35	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

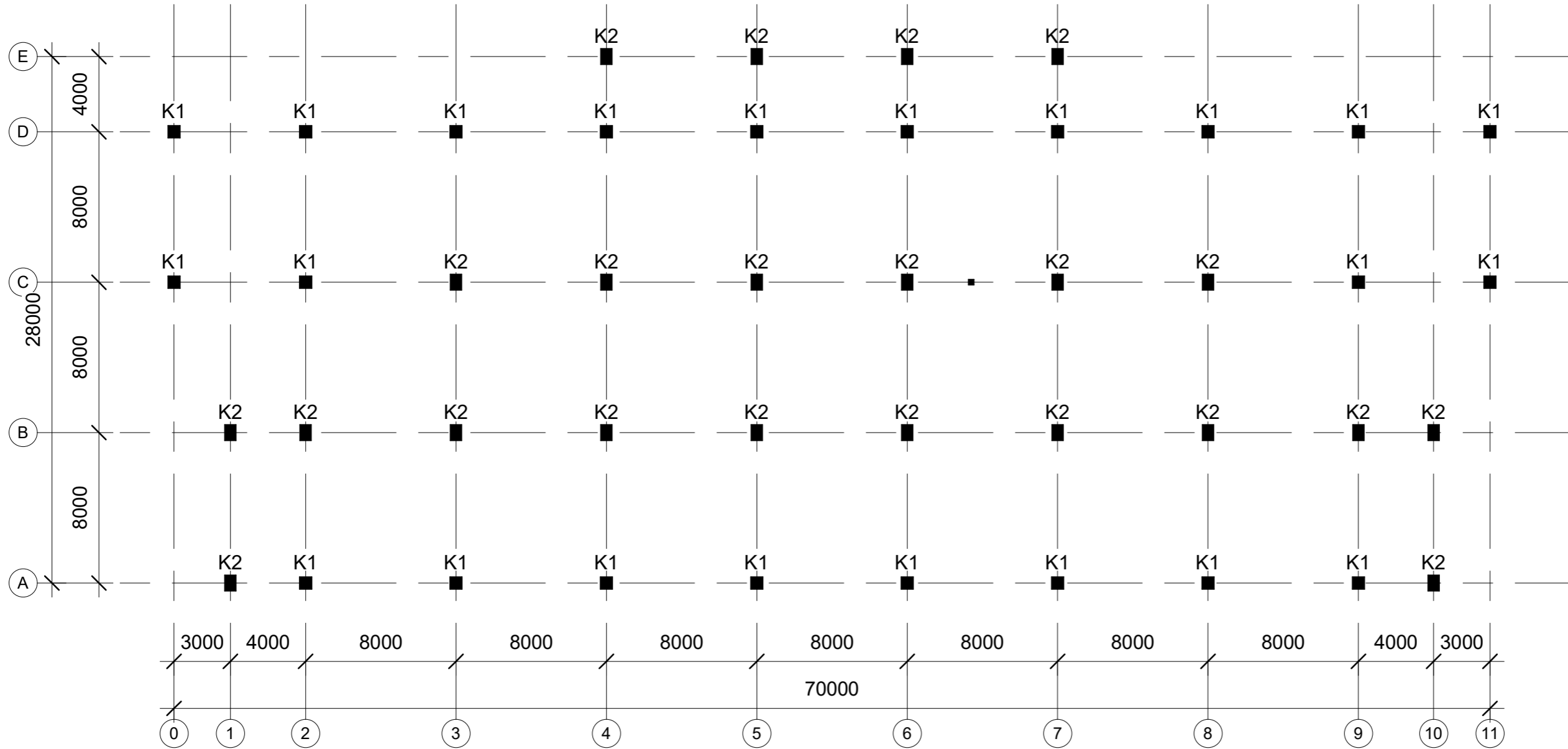
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.1

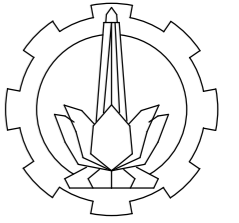
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI 1
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S36	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

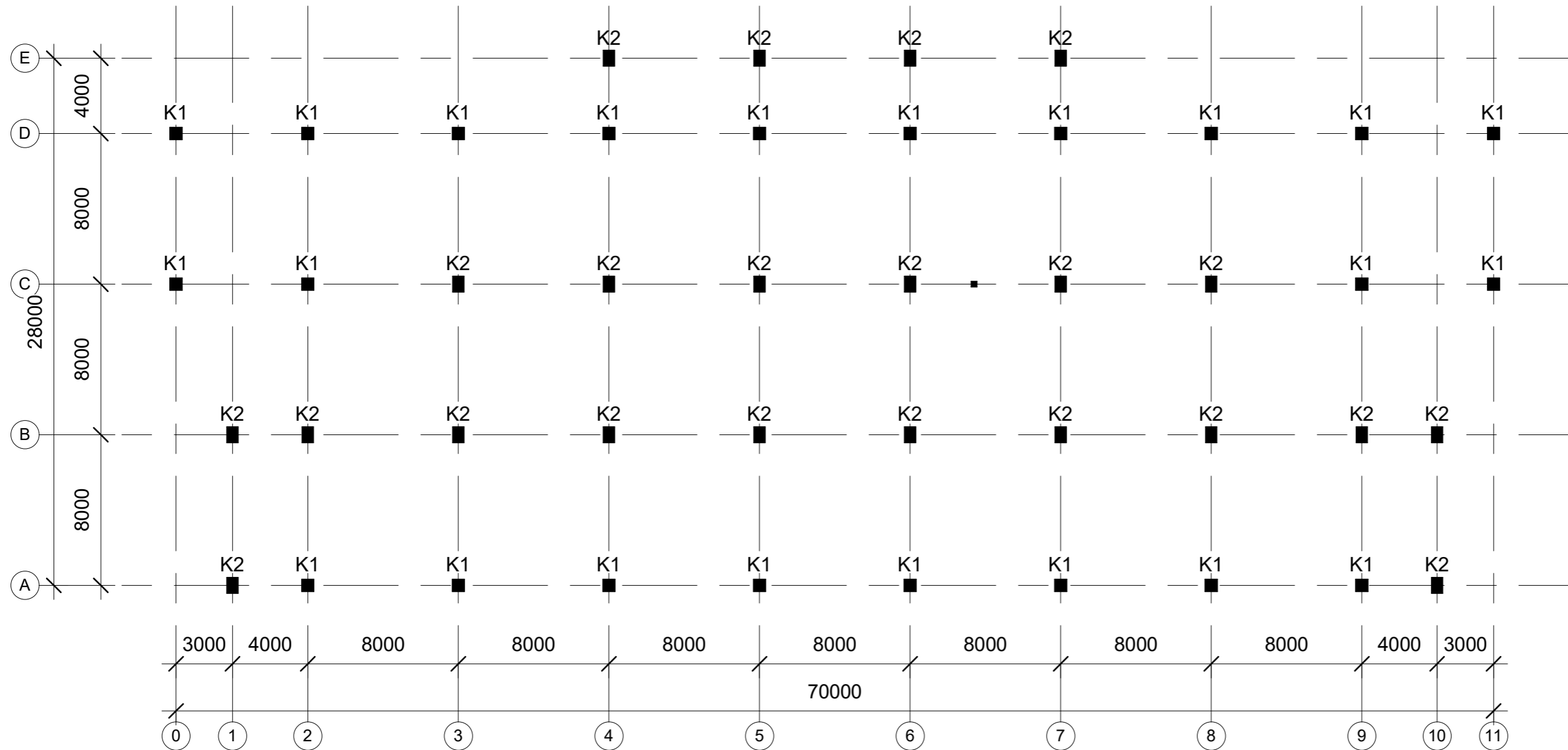
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.2

1 : 250

Catatan :

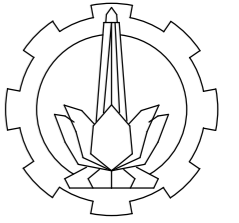


1 DENAH KOLOM LANTAI 2
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S37

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

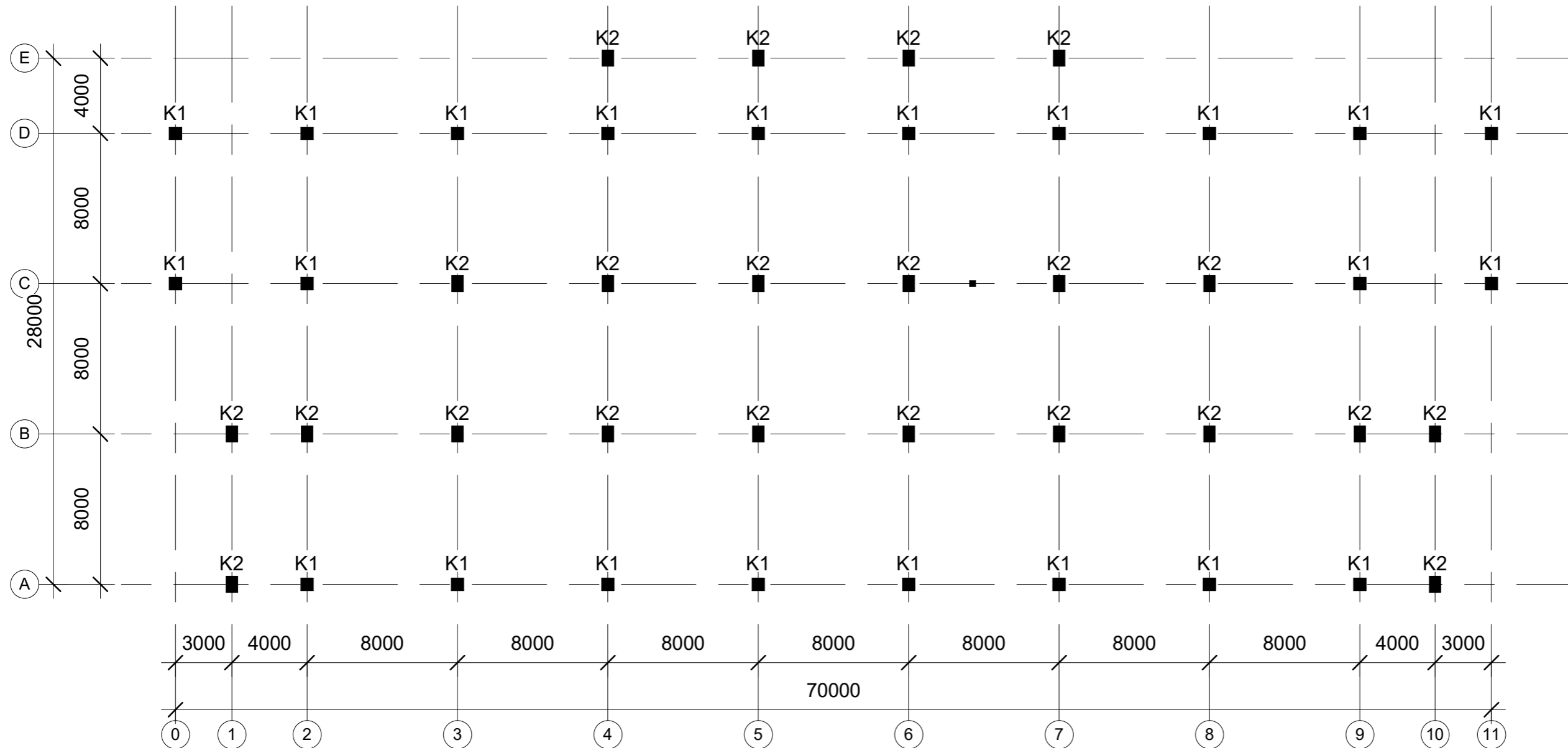
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.3

1 : 250

Catatan :

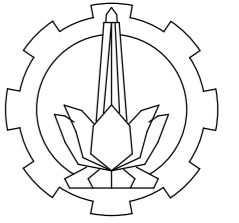


1 DENAH KOLOM LANTAI 3
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S38

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

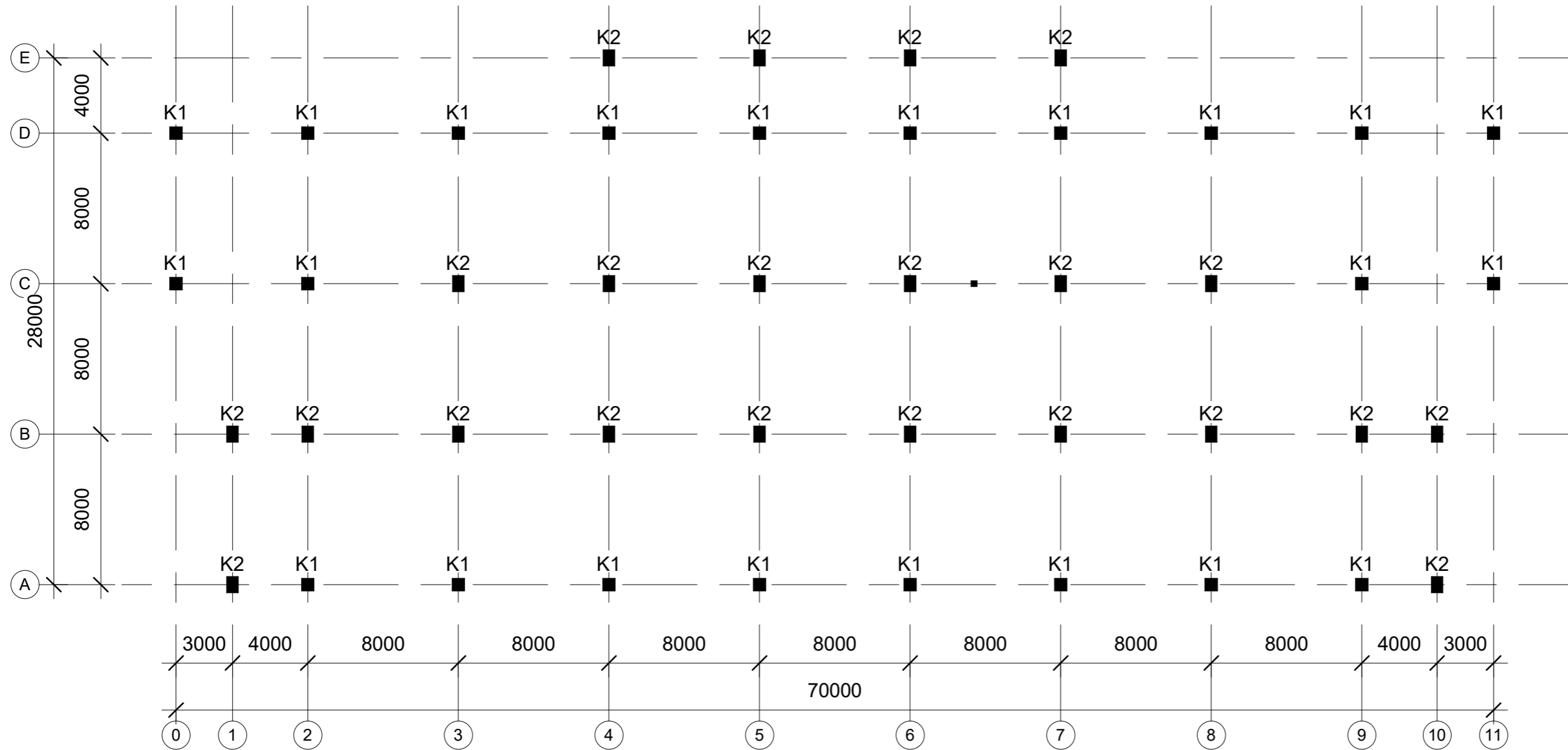
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.4

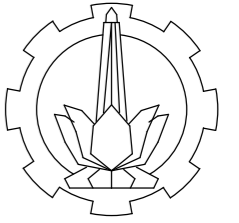
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI 4
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S39	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

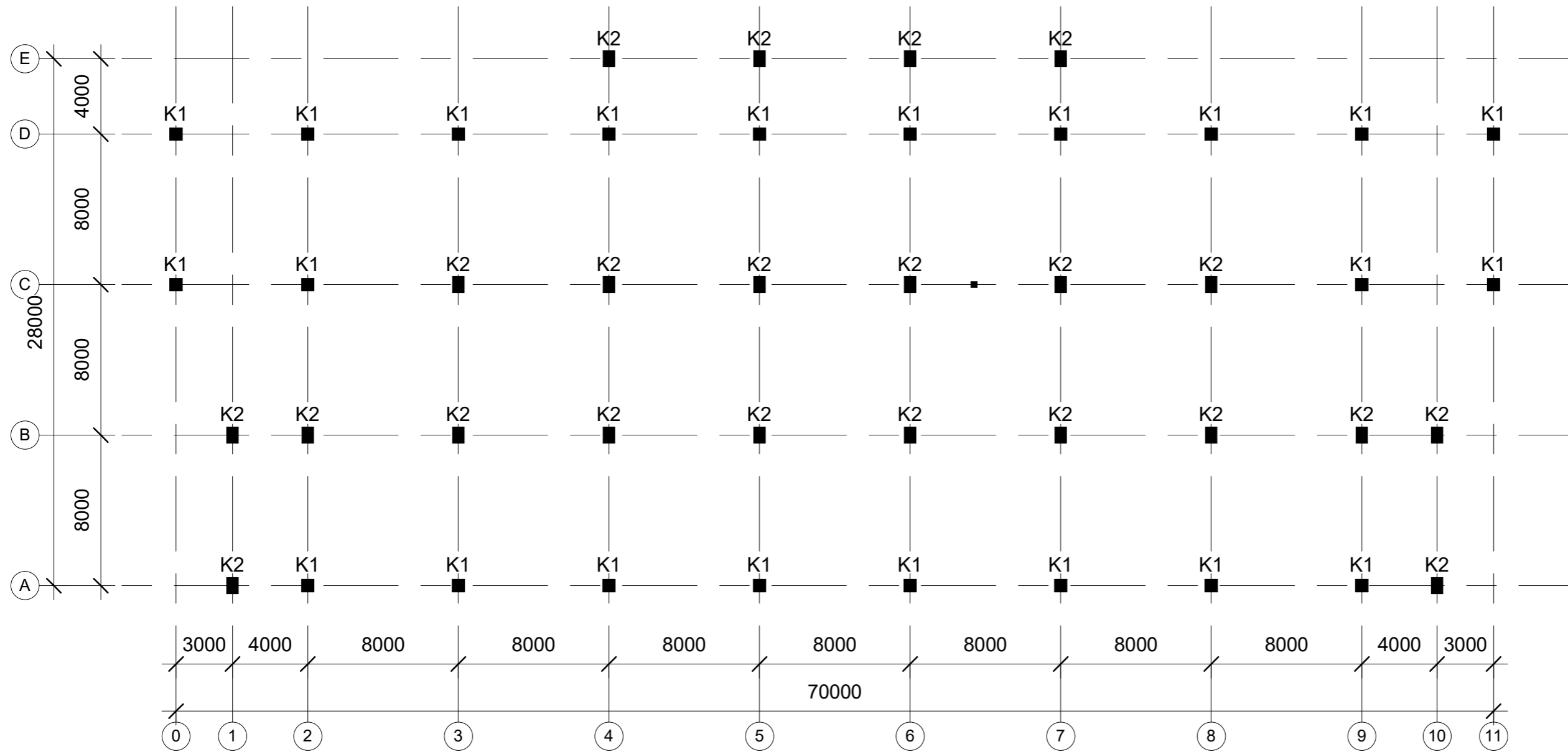
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.5

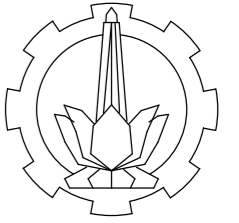
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI 5
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S40	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

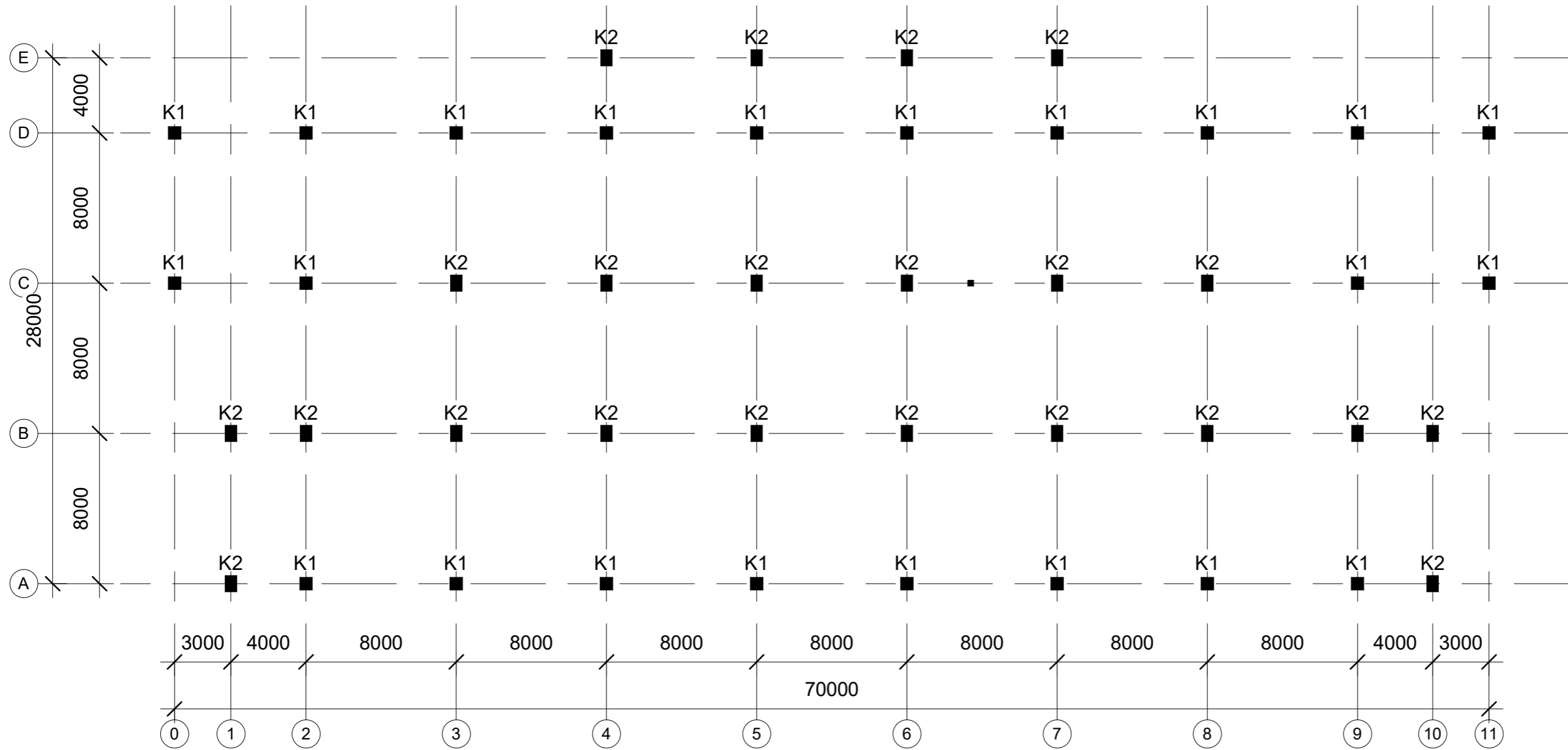
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.6

1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI 6

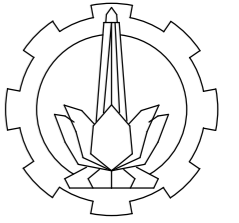
1 : 250

NOMOR

JUMLAH

S41

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

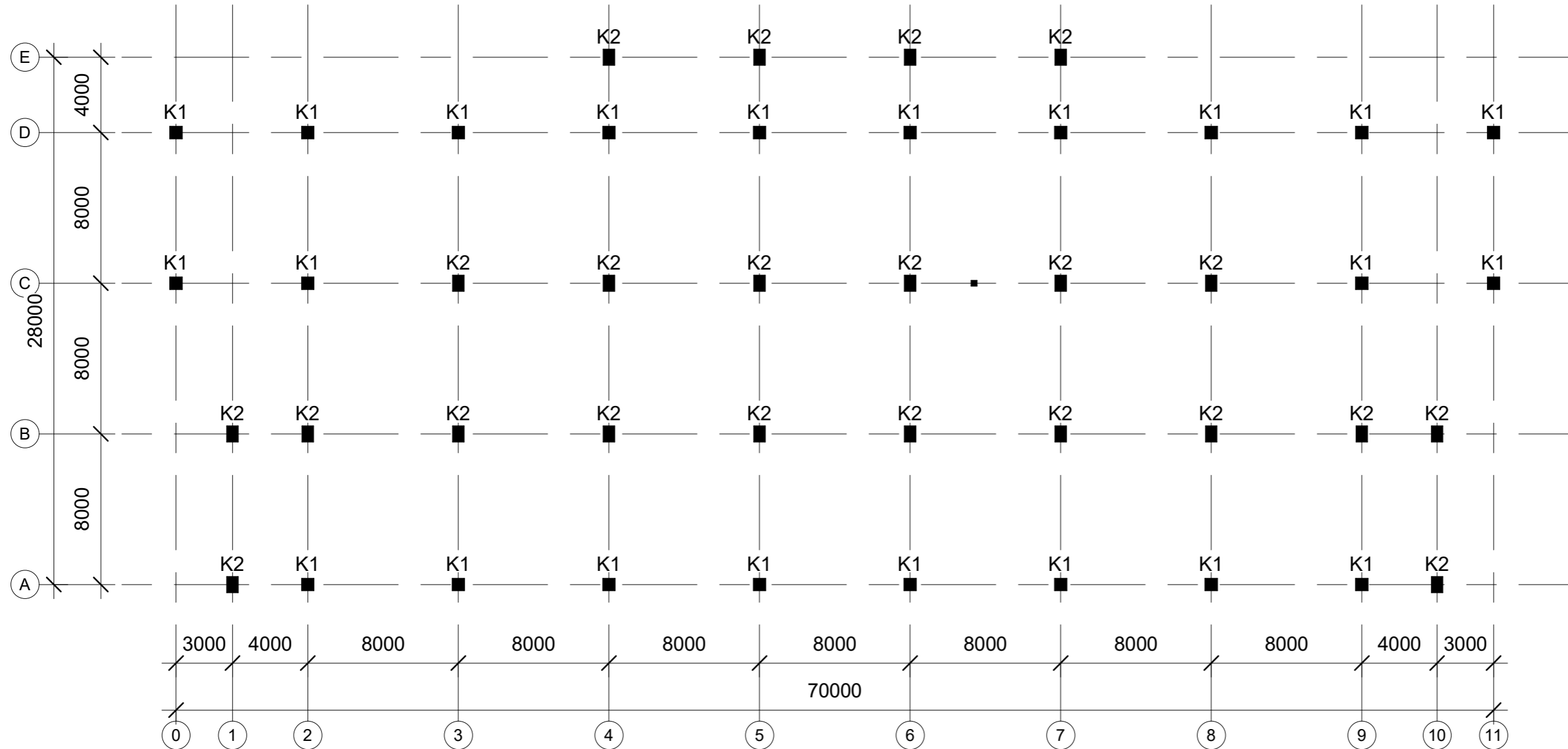
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.7

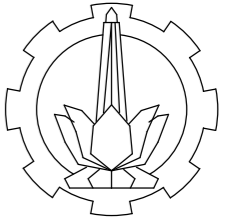
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI 7
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S42	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

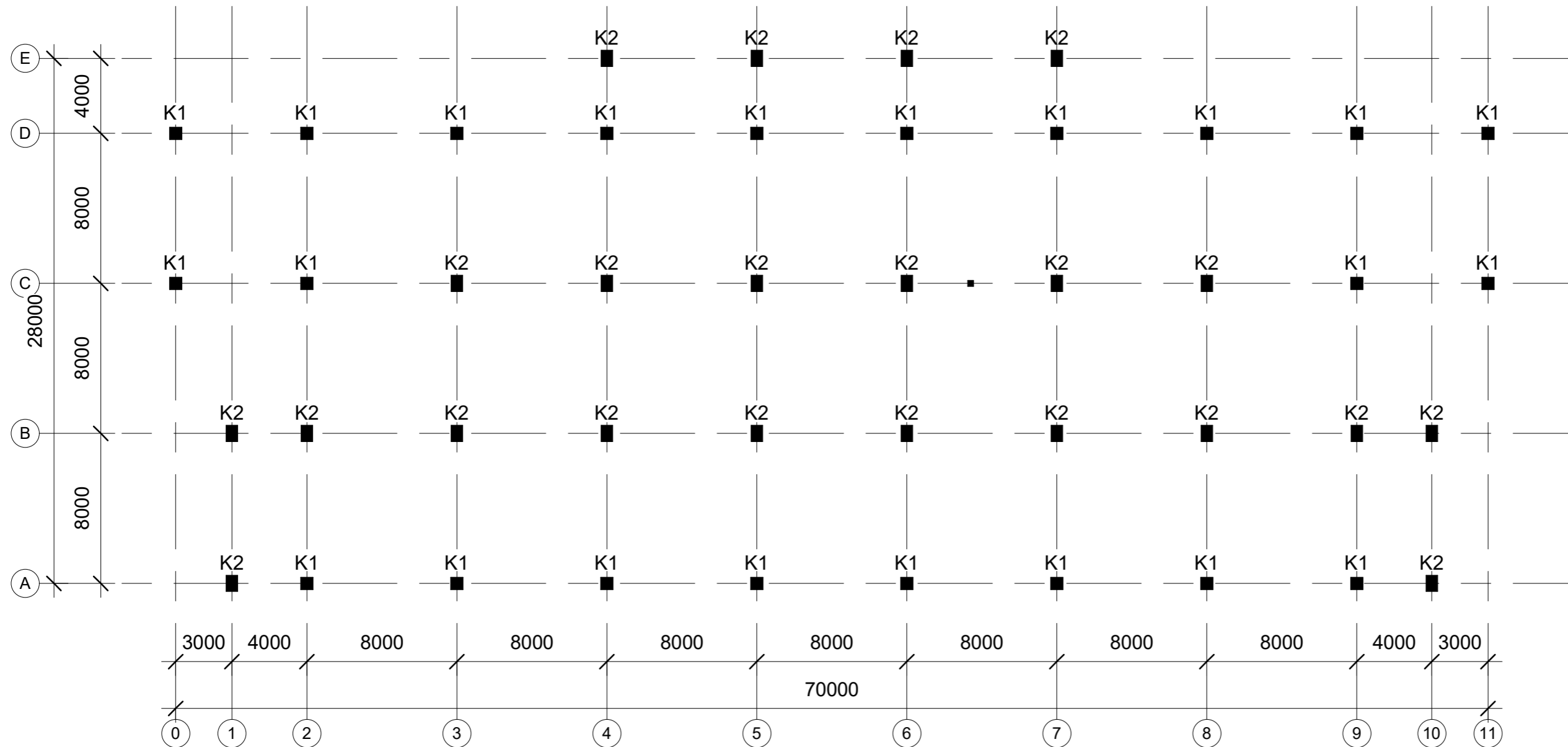
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT.8

1 : 250

Catatan :

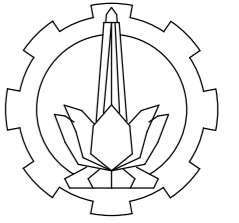


1 DENAH KOLOM LANTAI 8
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S43

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Achmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

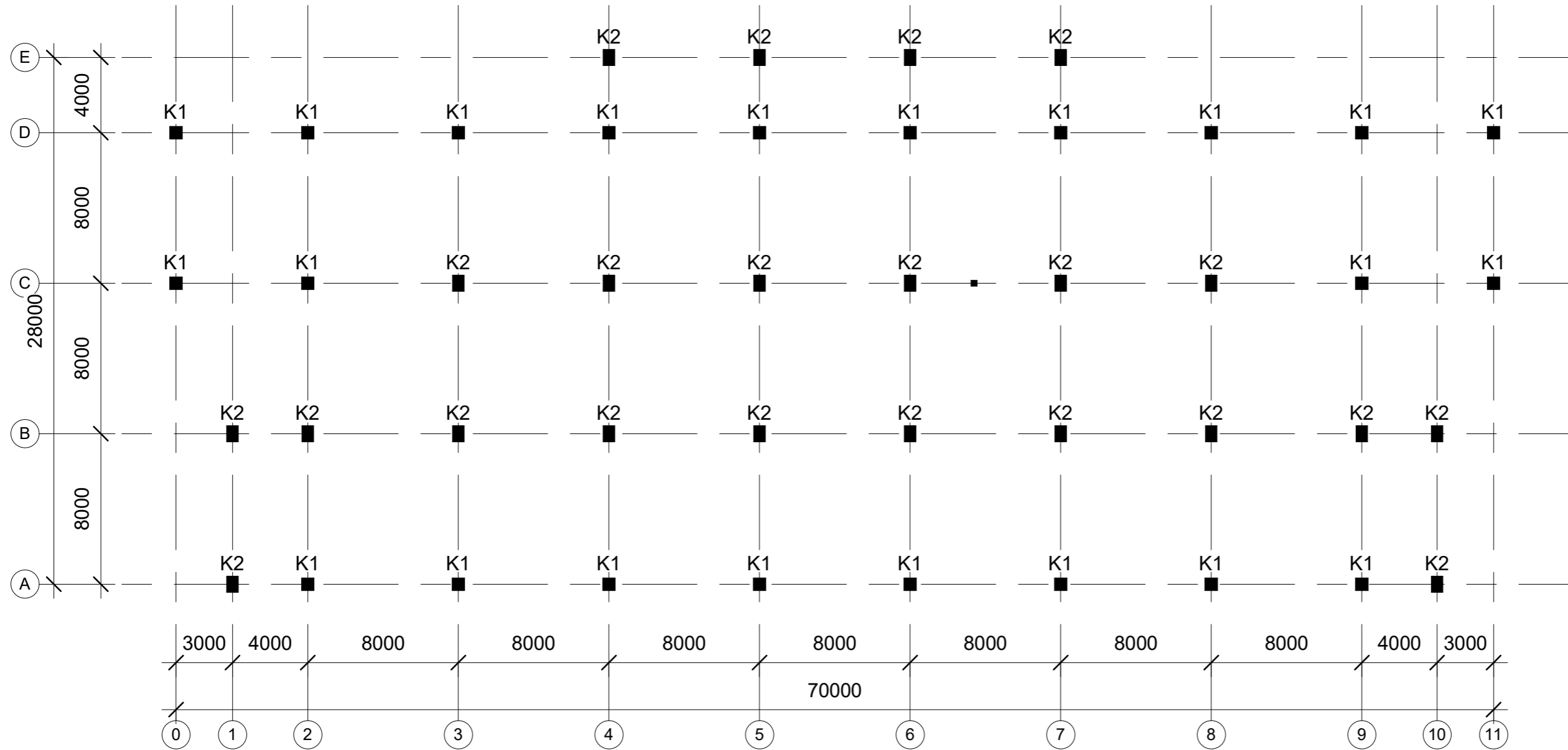
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT. ATAP

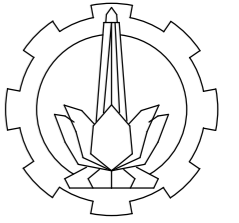
1 : 250

Catatan :



1 DENAH KOLOM LANTAI ATAP
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S44	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

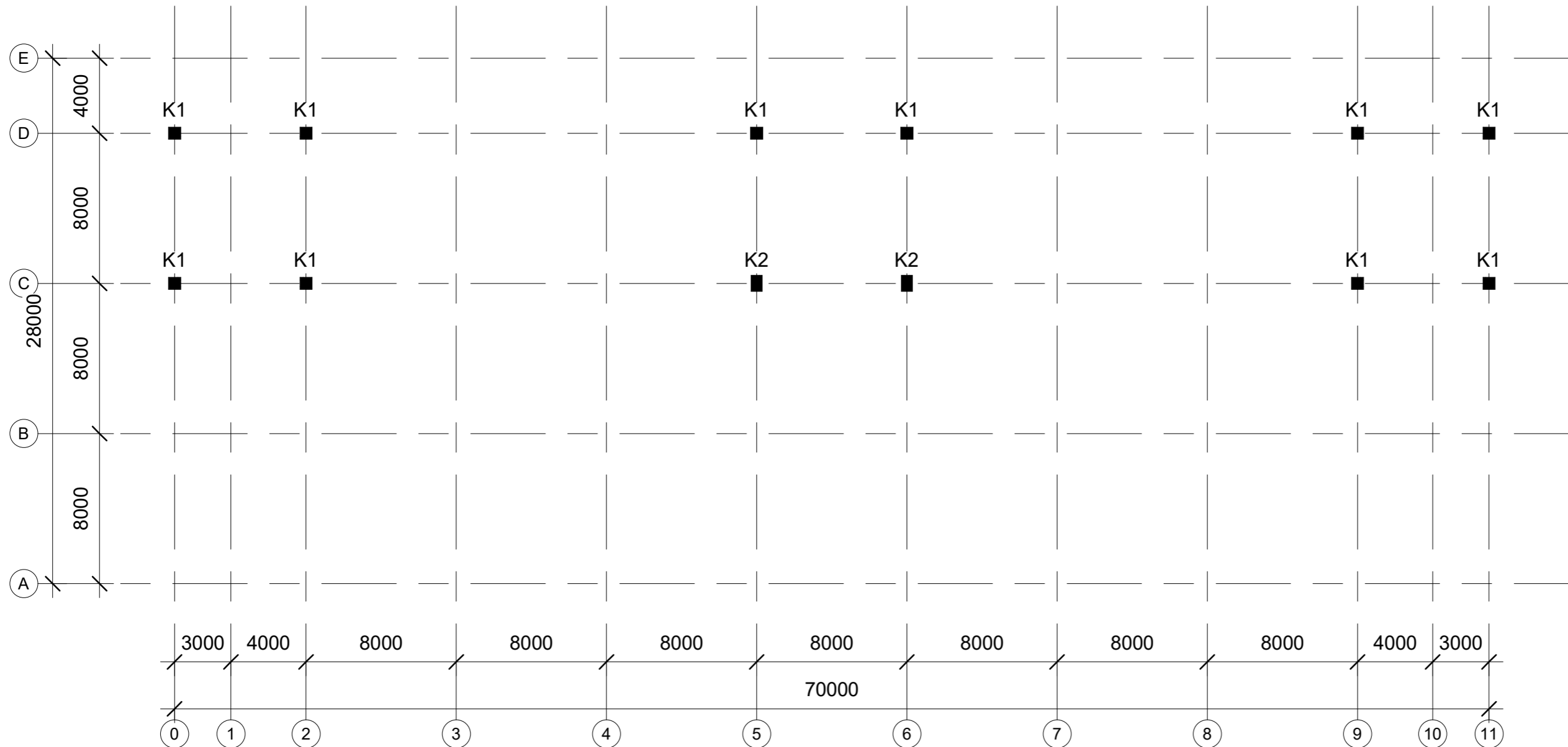
Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM LT. RL

1 : 250

Catatan :

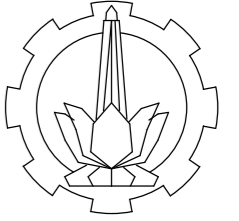


1 DENAH KOLOM LT.RL
1 : 250

NOMOR JUMLAH

S45

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

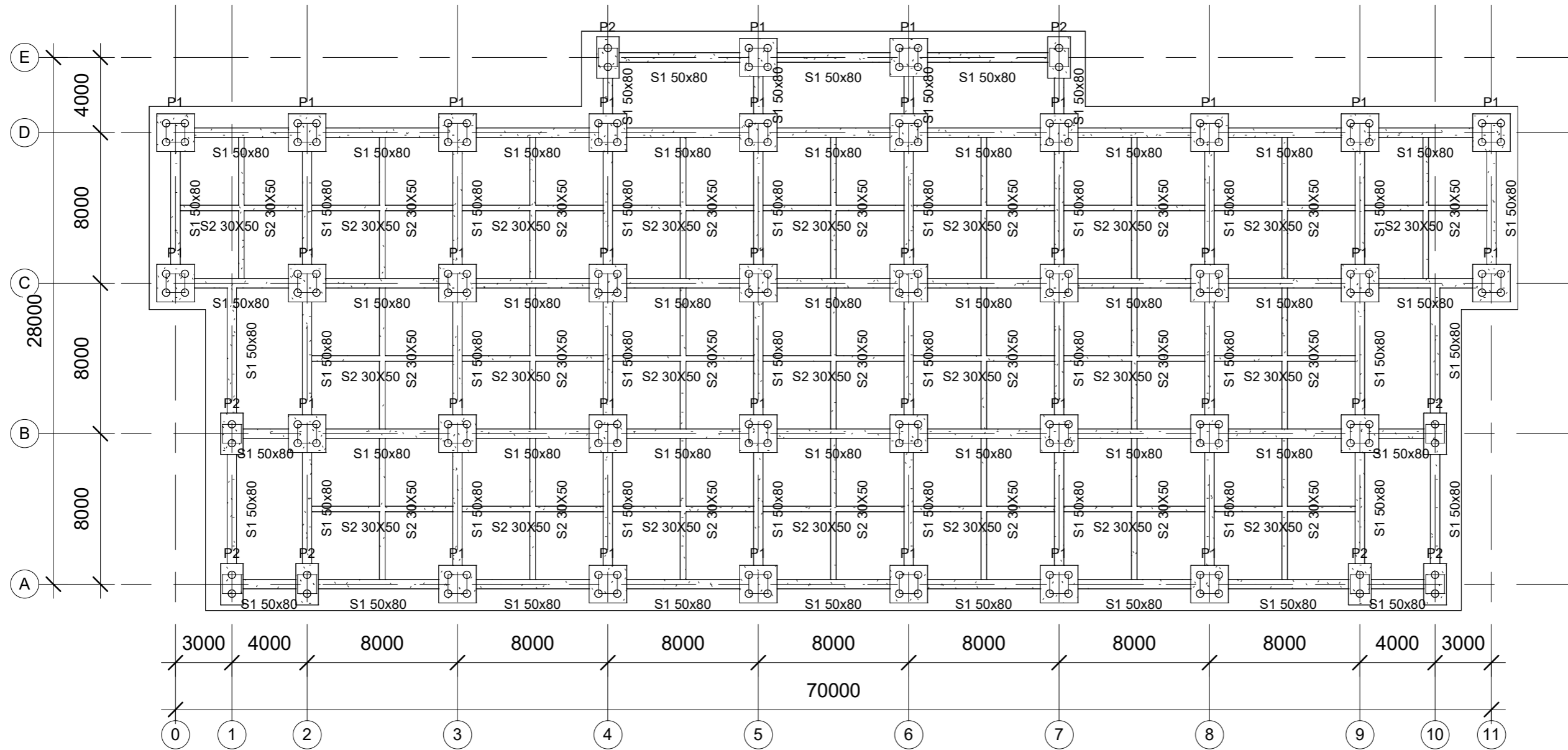
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH SLOOF & PILECAP

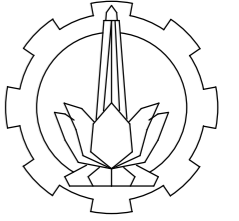
1 : 250

Catatan :



1 DENAH SLOOF & PILECAP
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S46	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

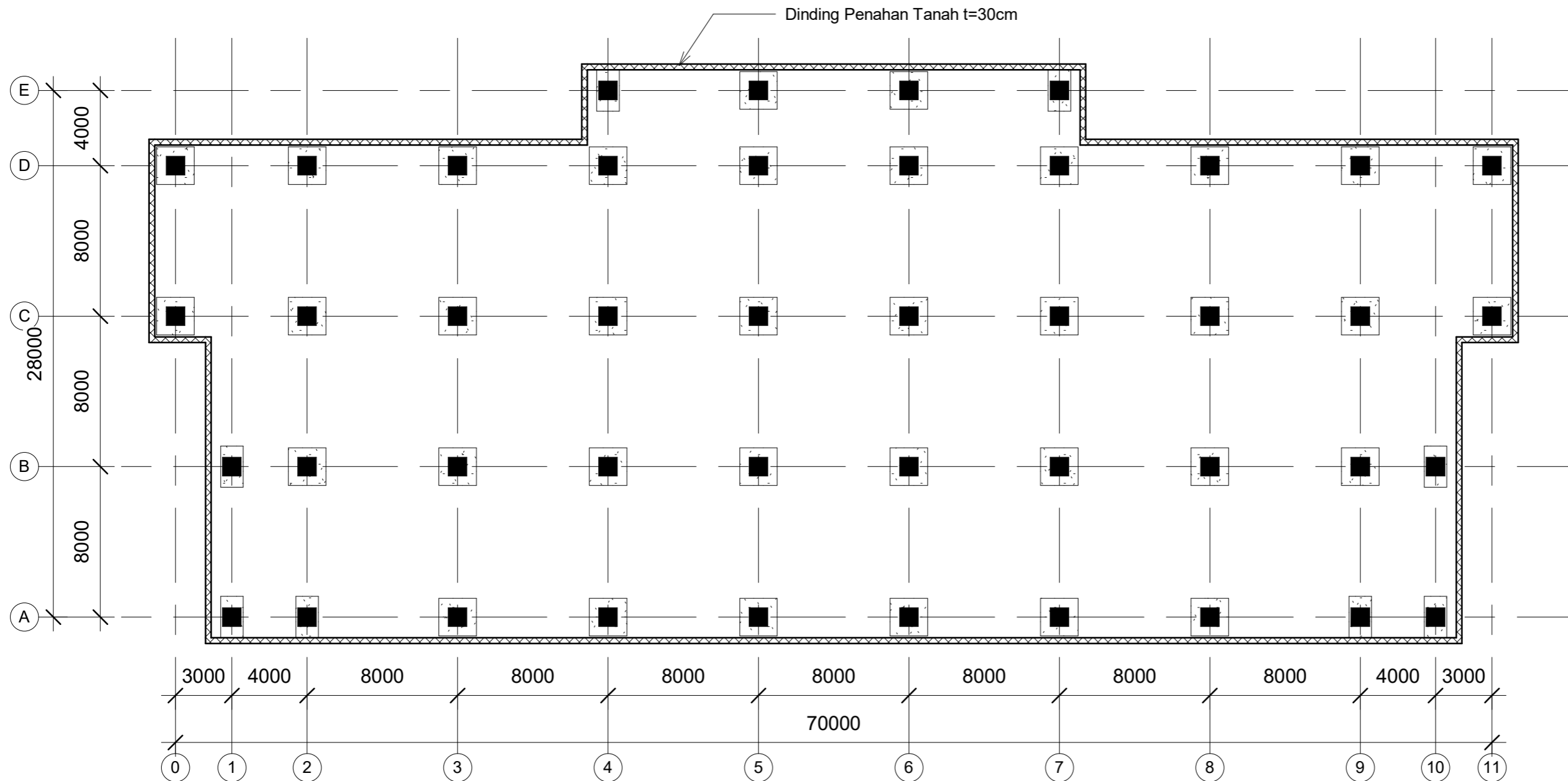
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DENAH DINDING PENAHAN TANAH

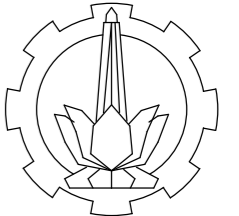
1 : 250

Catatan :



1 DENAH DIINDING PENAHAN TANAH
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
S47	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TIPE PELAT
SATU ARAH

1 : 75

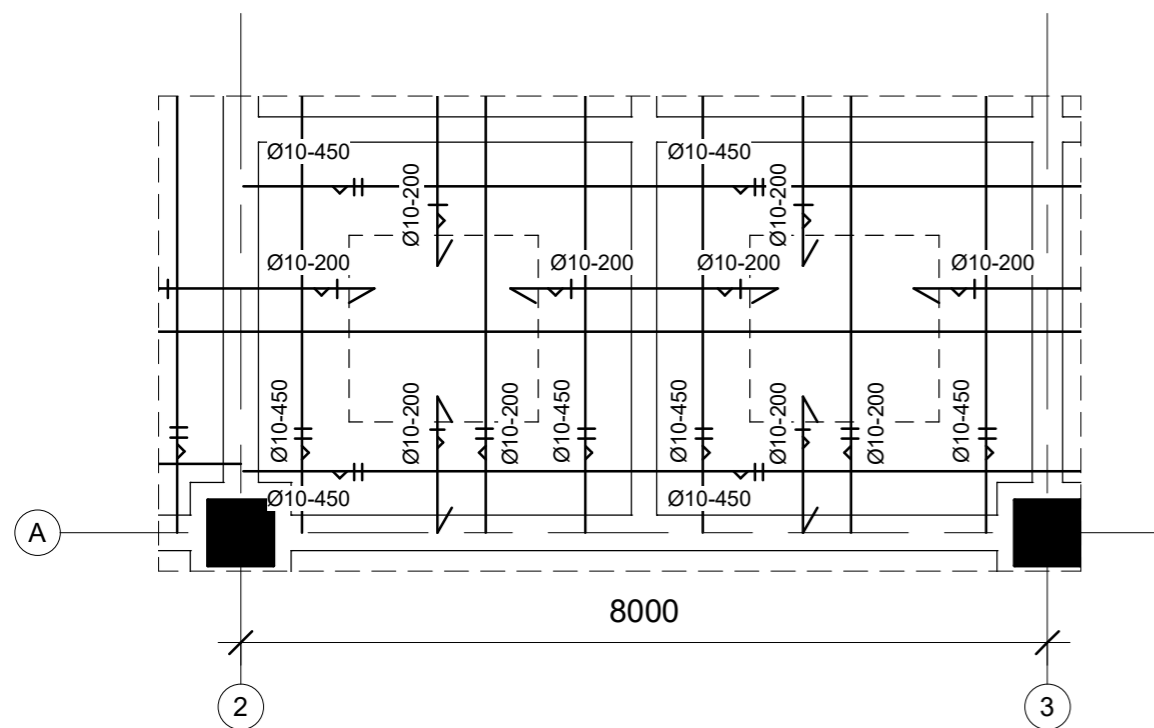
Catatan :

NOMOR

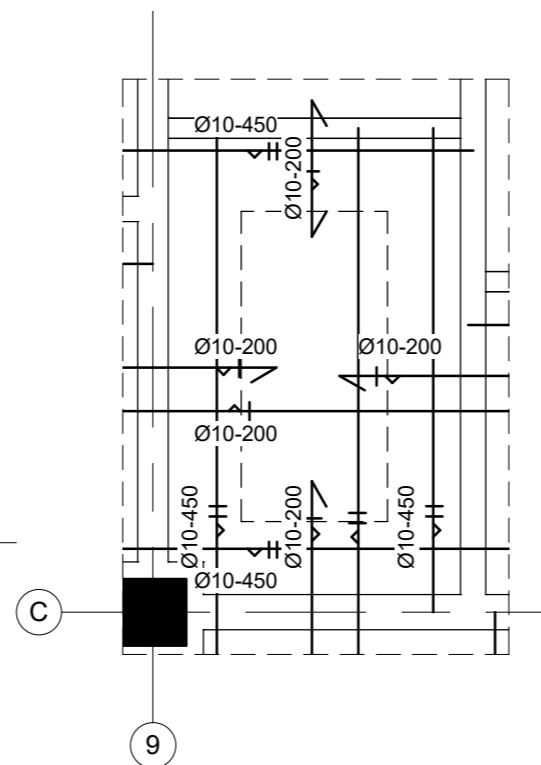
S48

JUMLAH

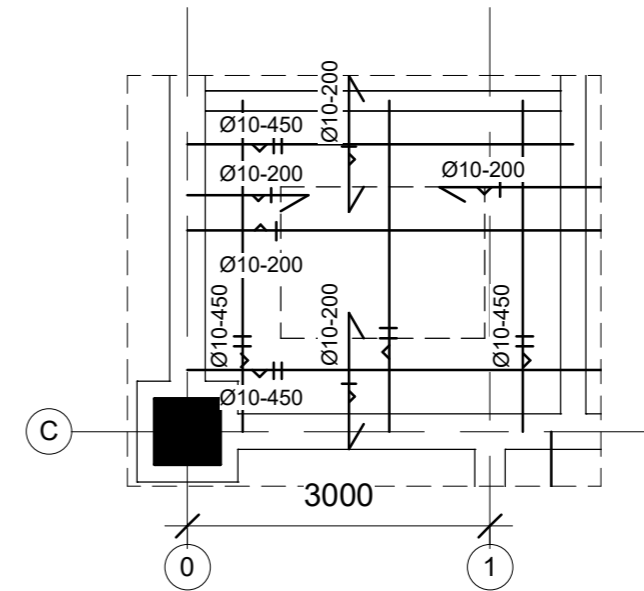
77



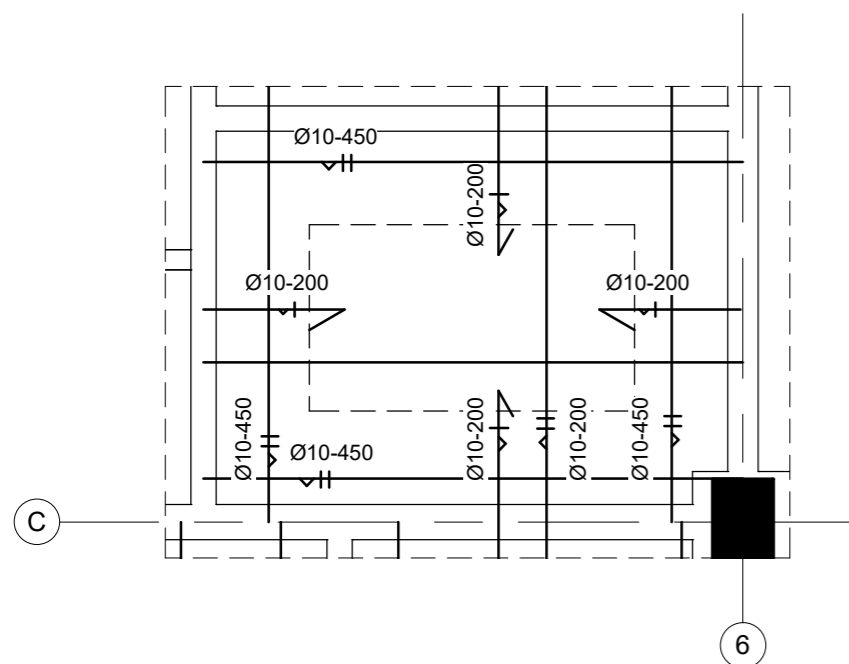
1 PENULANGAN PELAT TIPE A
1 : 75



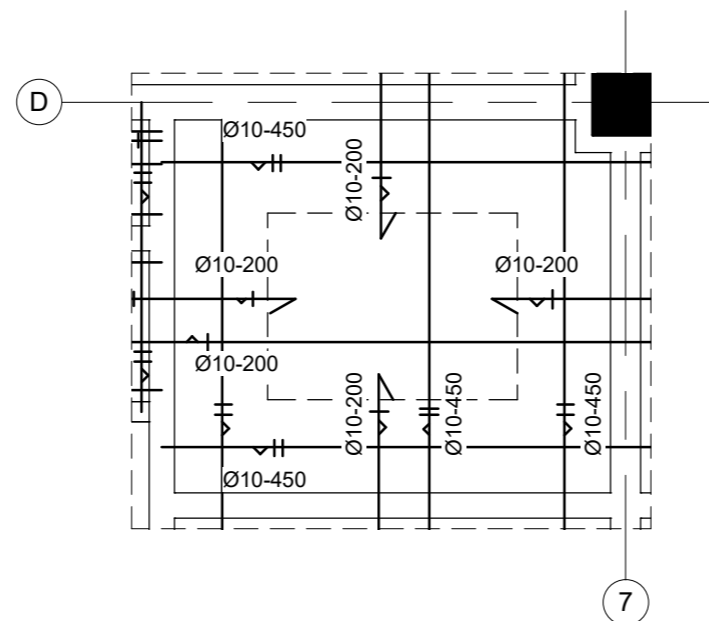
2 PENULANGAN PELAT TIPE B
1 : 75



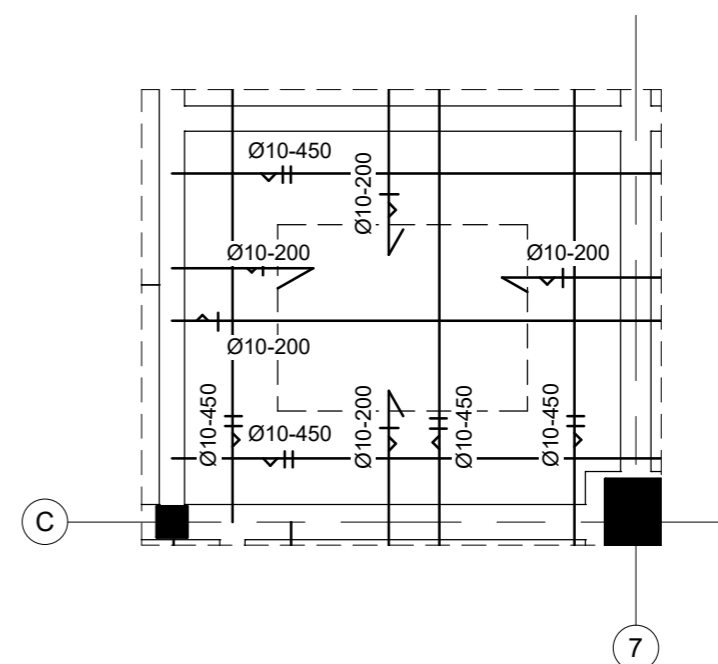
3 PENULANGAN PELAT TIPE C
1 : 75



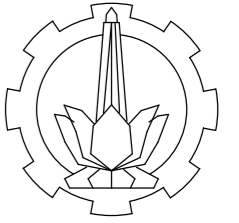
4 PENULANGAN PELAT TIPE D
1 : 75



5 PENULANGAN PELAT TIPE E
1 : 75



6 PENULANGAN PELAT TIPE F
1 : 75



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

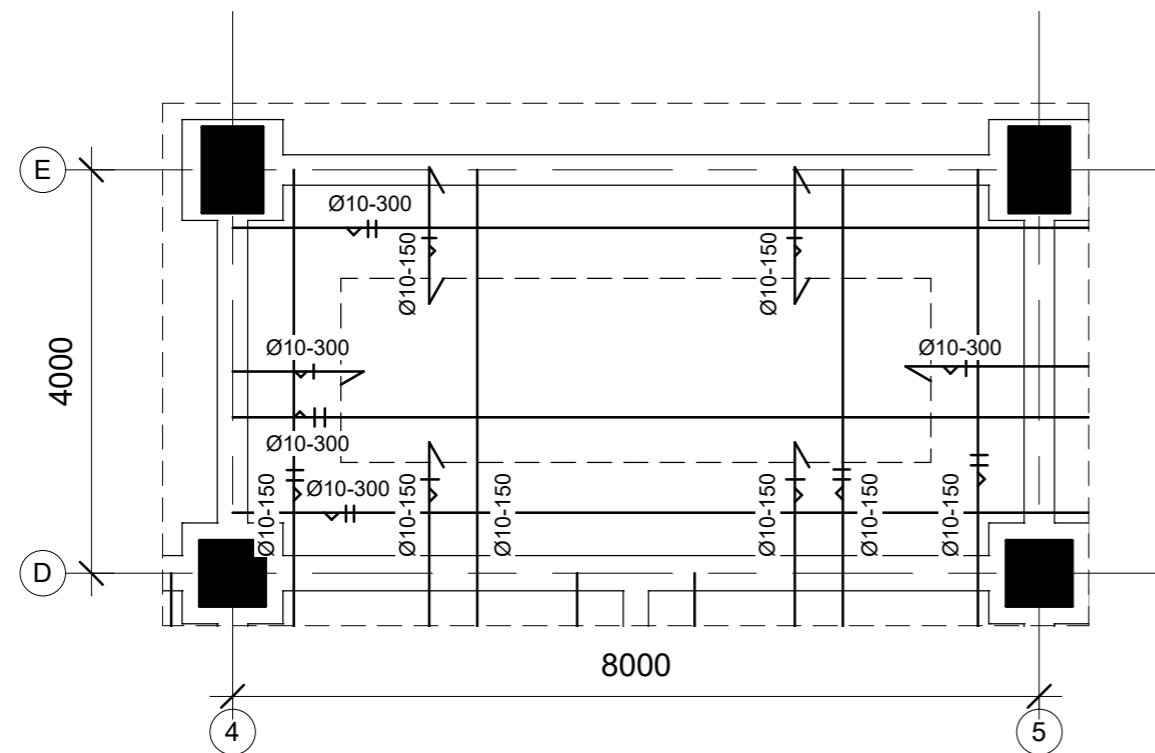
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

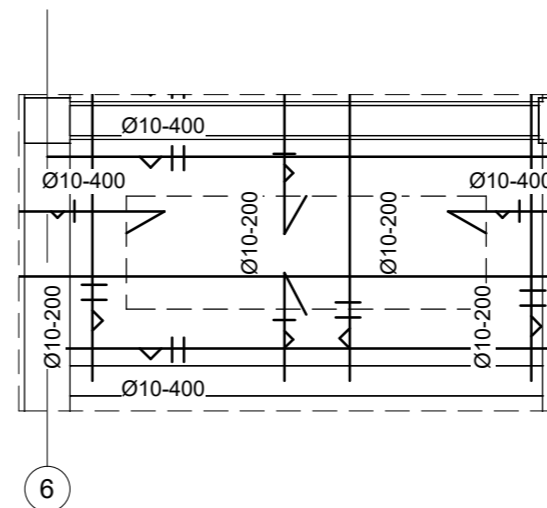
DETAIL PENULANGAN TIPE PELAT
 DUA ARAH

As indicated

Catatan :

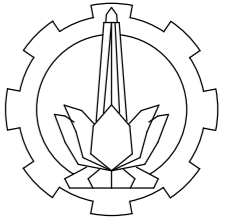


2 PENULANGAN PELAT TIPE G
 1 : 75



1 PENULANGAN PELAT TIPE H
 1 : 50

NOMOR	JUMLAH
S49	77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN B1

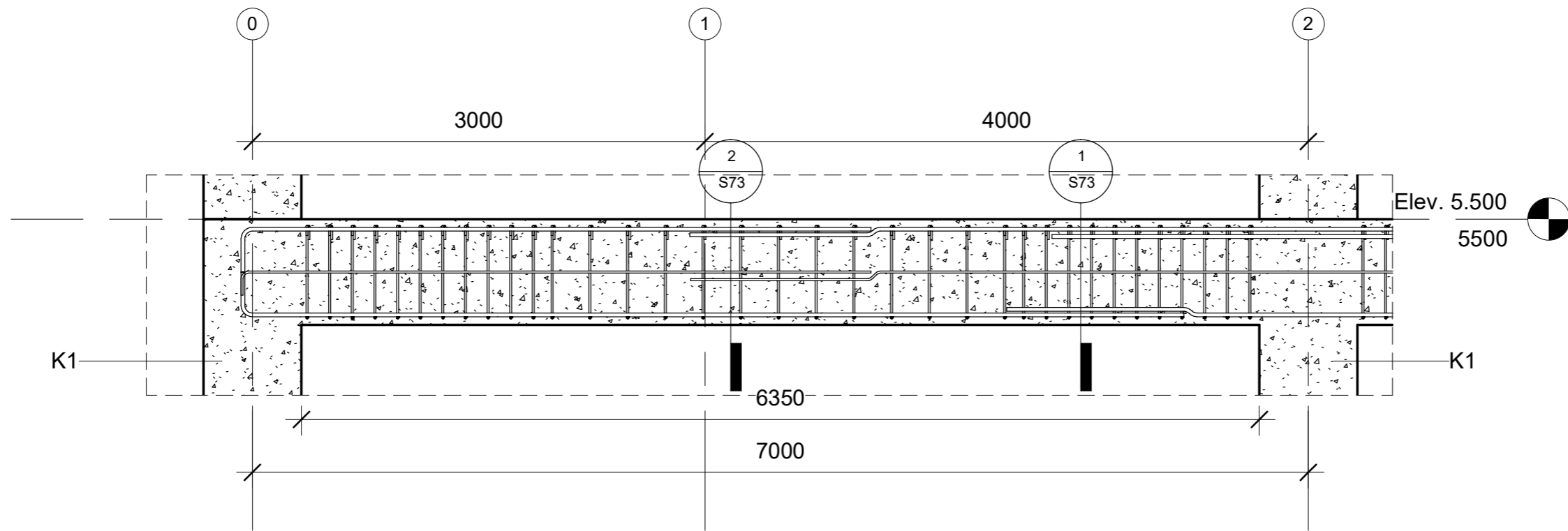
As indicated

Catatan :

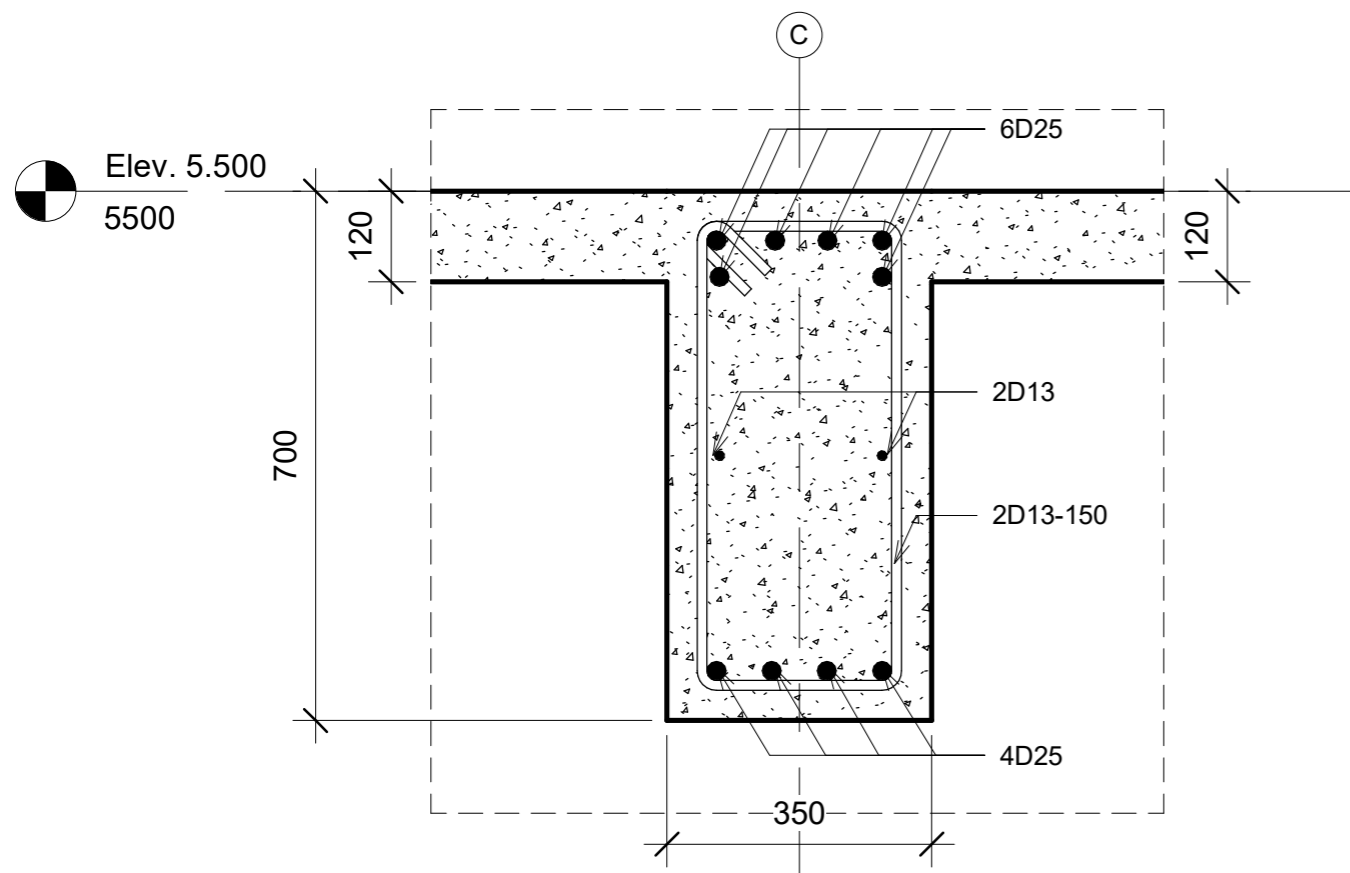
NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S50

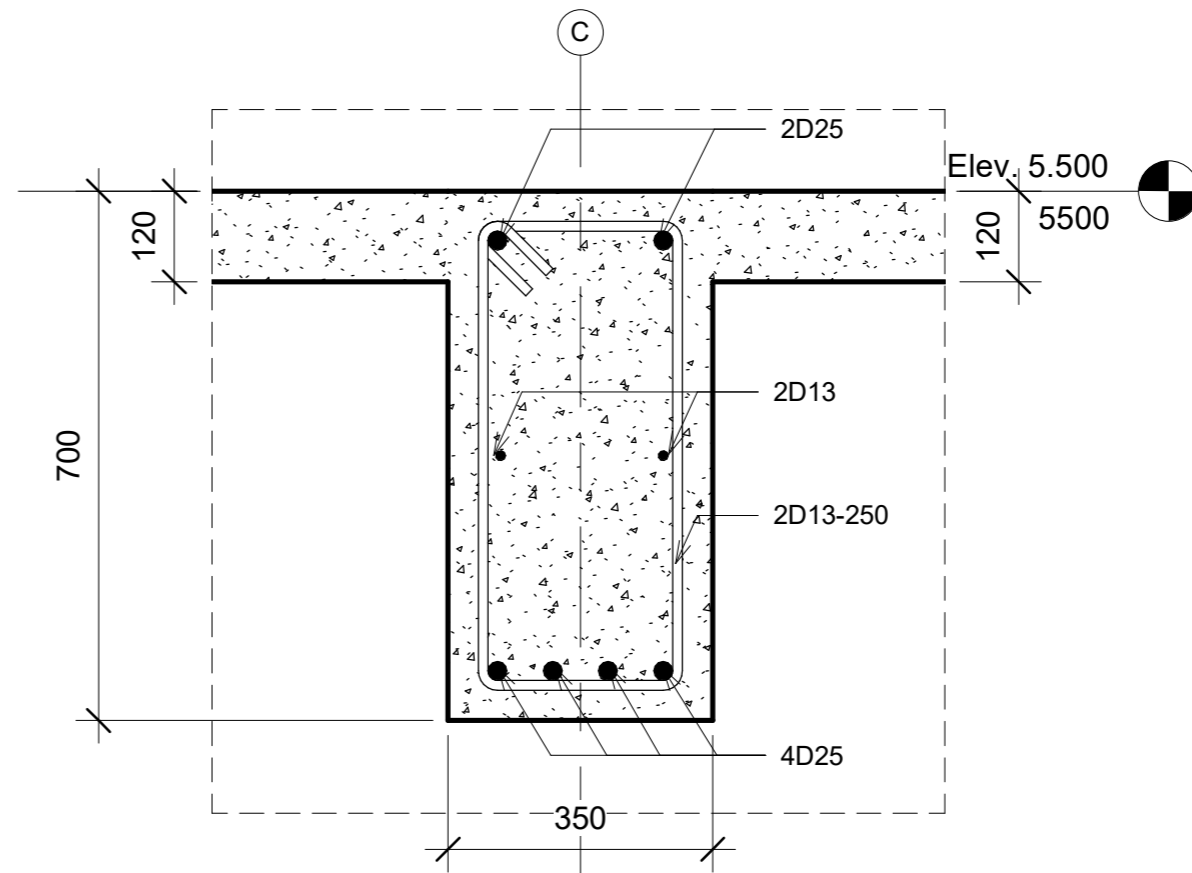
77



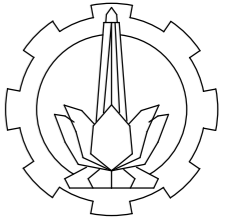
1 **DETAIL PENULANGAN B1**
1 : 35



2 **POTONGAN 2-S73 (B1 TUMPUAN)**
1 : 10



3 **POTONGAN 1-S73 (B1 LAPANGAN)**
1 : 10



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

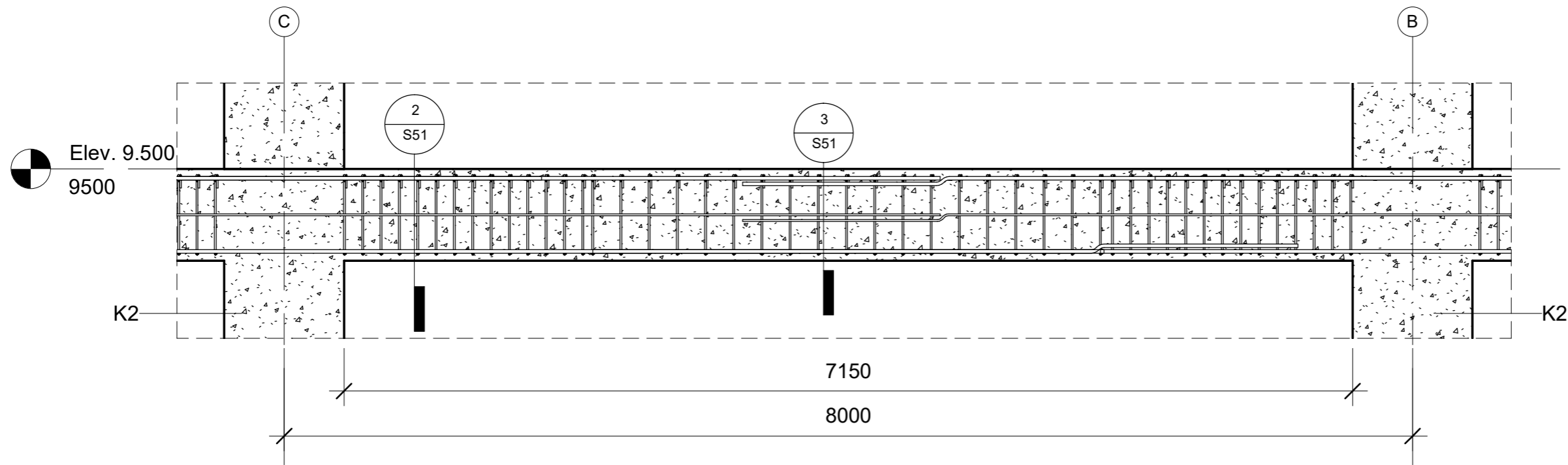
DETAIL PENULANGAN B2

As indicated

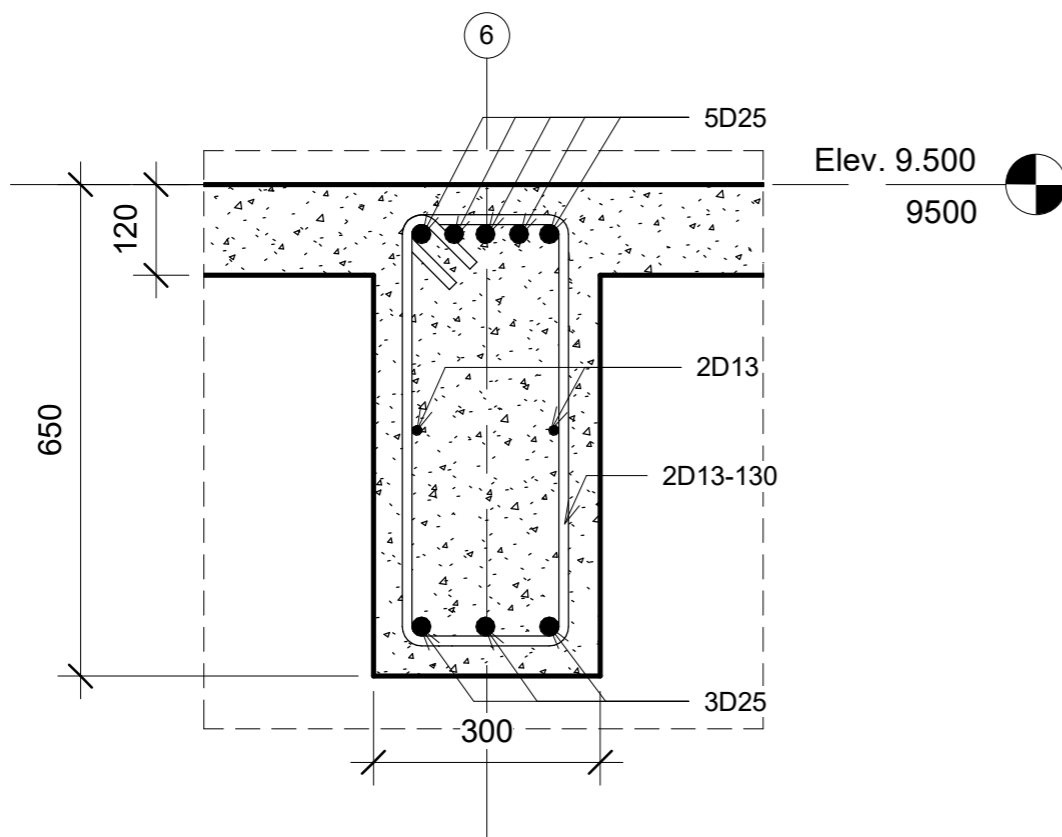
Catatan :

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

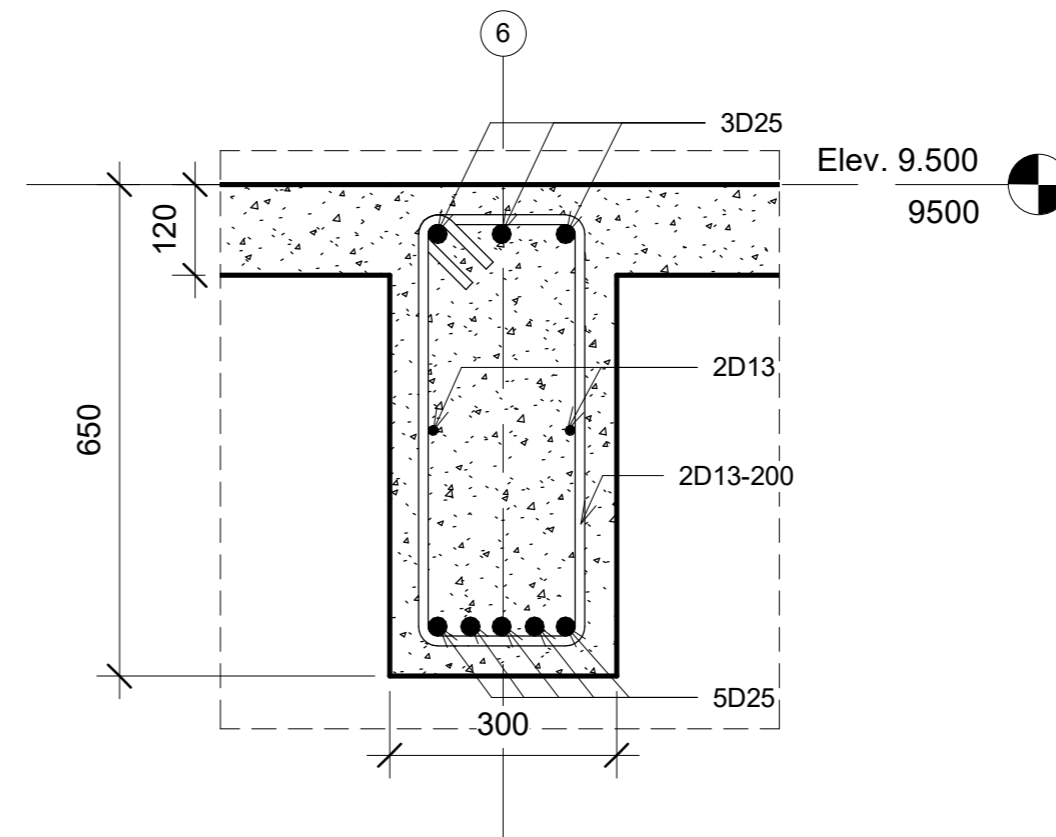
S51	77
-----	----



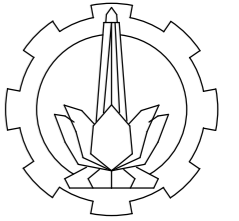
1 DETAIL PENULANGAN B2
 1 : 35



2 POTONGAN 2-S51 (B2 TUMPUAN)
 1 : 10



3 POTONGAN 3-S51 (B2 LAPANGAN)
 1 : 10



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

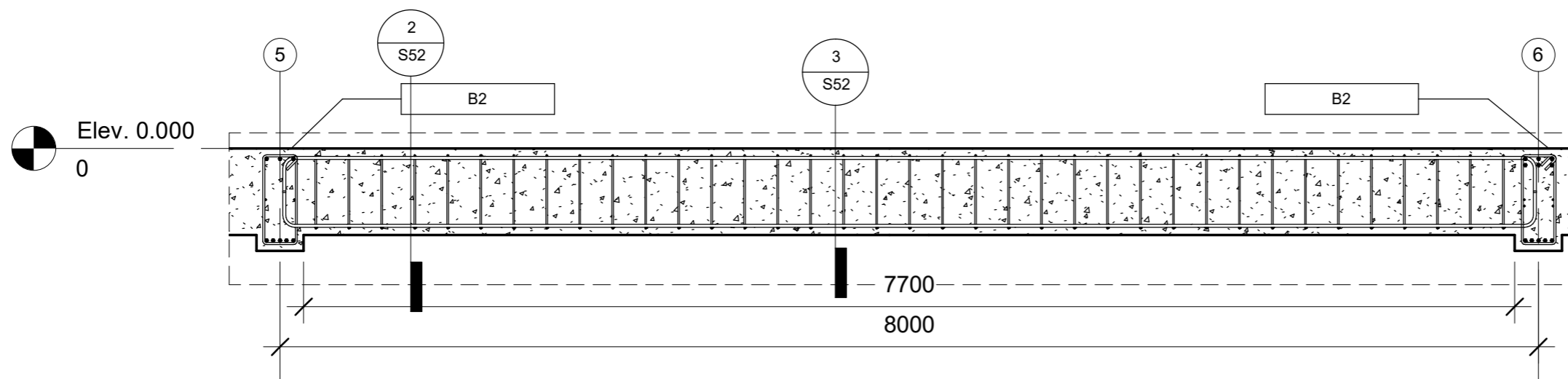
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

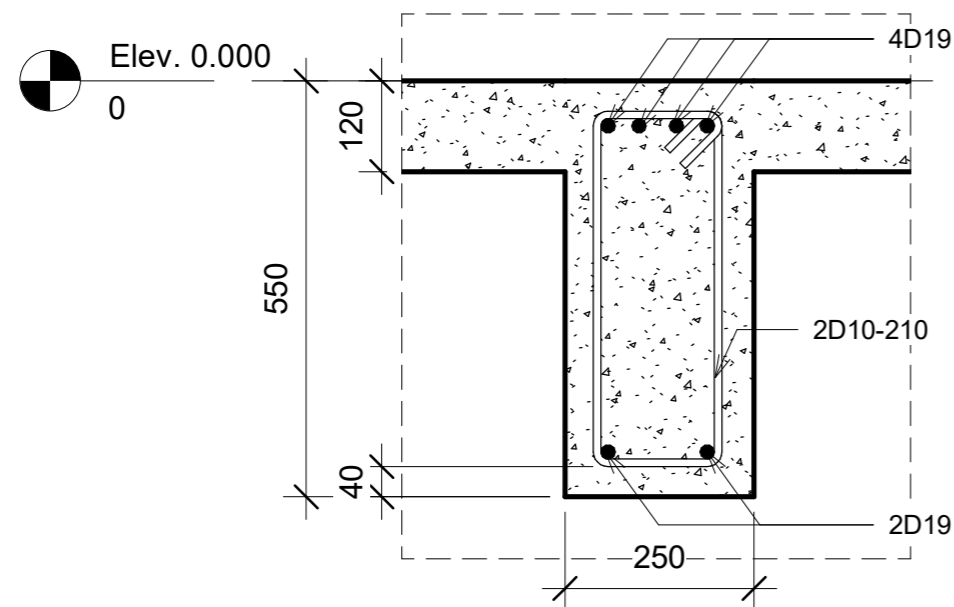
DETAIL PENULANGAN B3

As indicated

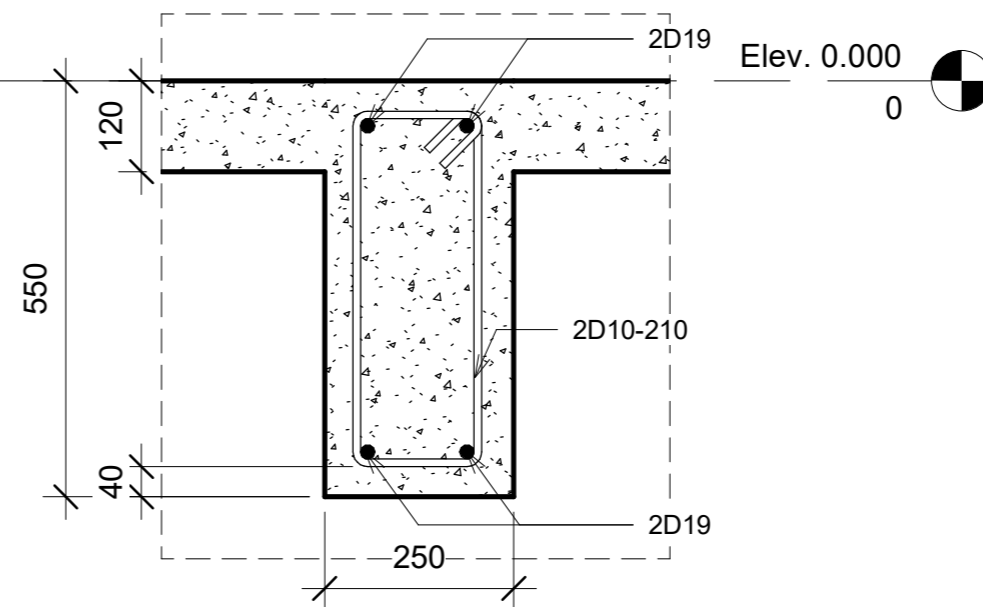
Catatan :



1 **DETAIL PENULANGAN B3**
 1 : 35



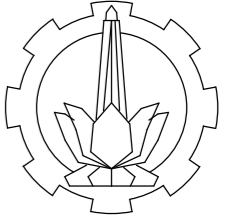
2 **POTONGAN 2-S52 (B3 TUMPUAN)**
 1 : 10



3 **POTONGAN 3-S52 (B3 LAPANGAN)**
 1 : 10

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S52	77
-----	----



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

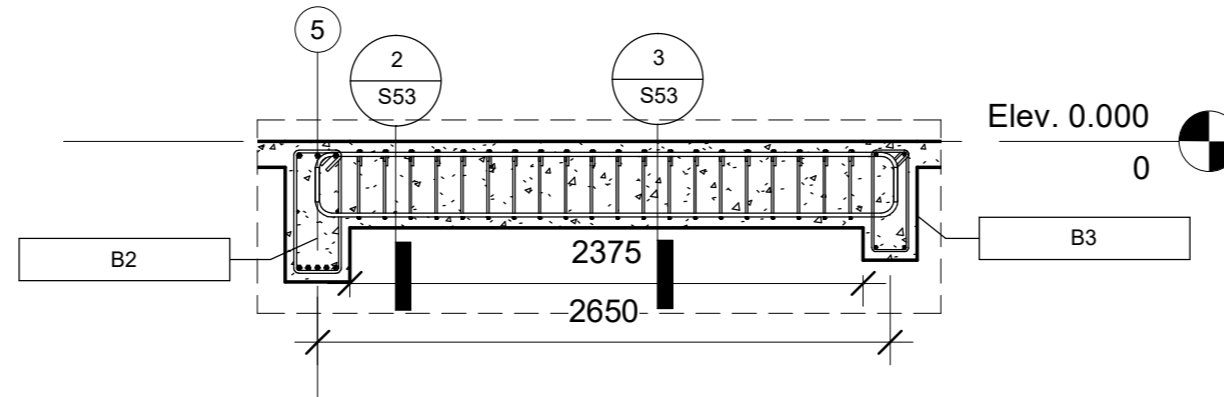
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

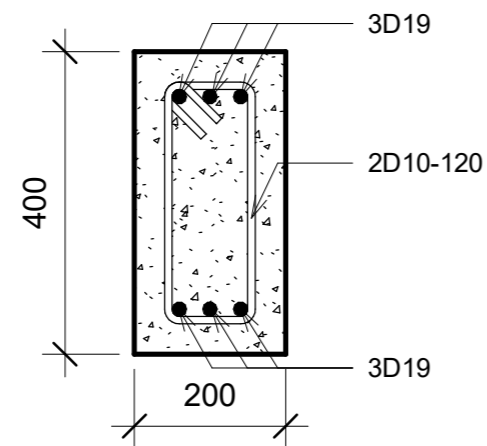
DETAIL PENULANGAN B4

As indicated

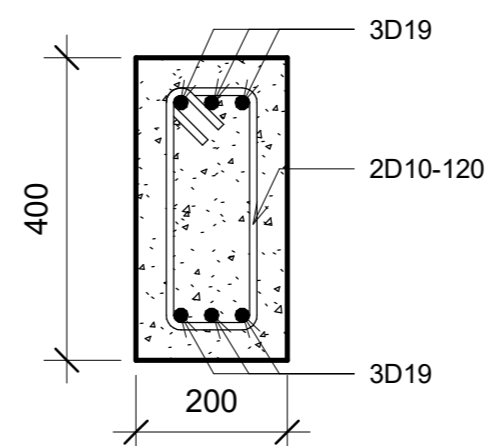
Catatan :



1 DETAIL PENULANGAN B4
 1 : 35

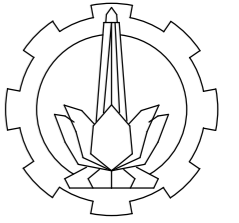


2 POTONGAN 3-S53 (B4 TUMPUAN)
 1 : 10



3 POTONGAN 3-S53 (B4 LAPANGAN)
 1 : 10

NOMOR	JUMLAH
S53	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

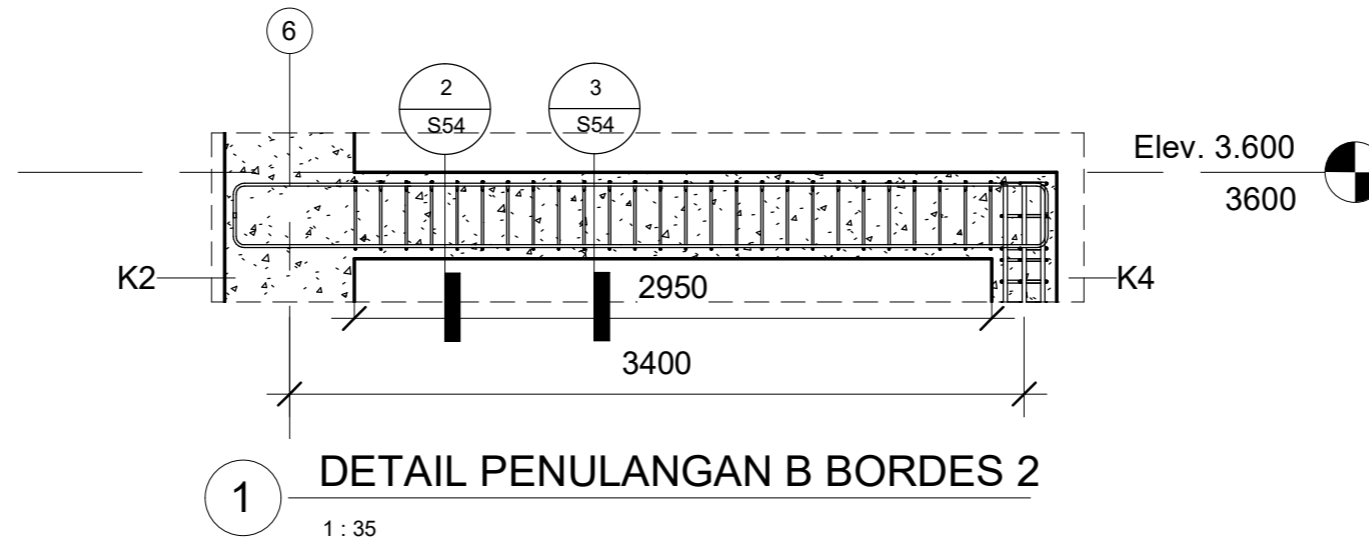
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

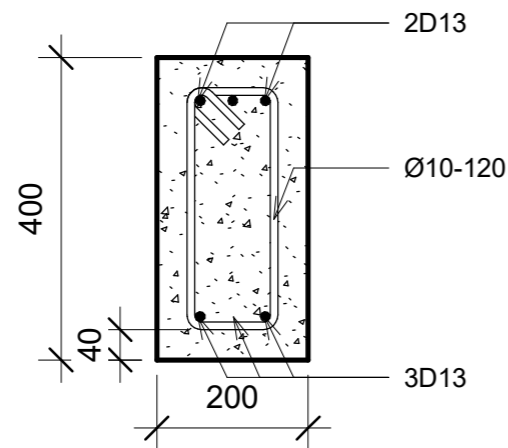
DETAIL PENULANGAN B BORDES

As indicated

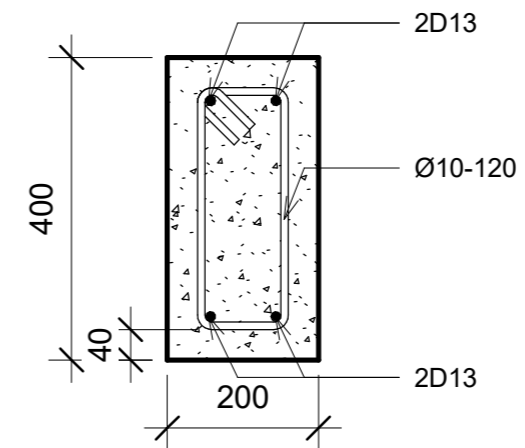
Catatan :



1 DETAIL PENULANGAN B BORDES 2
 1 : 35



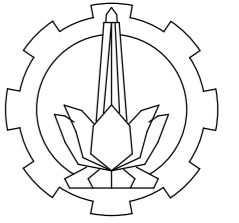
2 POT. 2-S54 (B.BORDES 2 TUMPUAN)
 1 : 10



3 POT. 3-S54 (B.BORDES 2 LAPANGAN)
 1 : 10

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S54	77
-----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

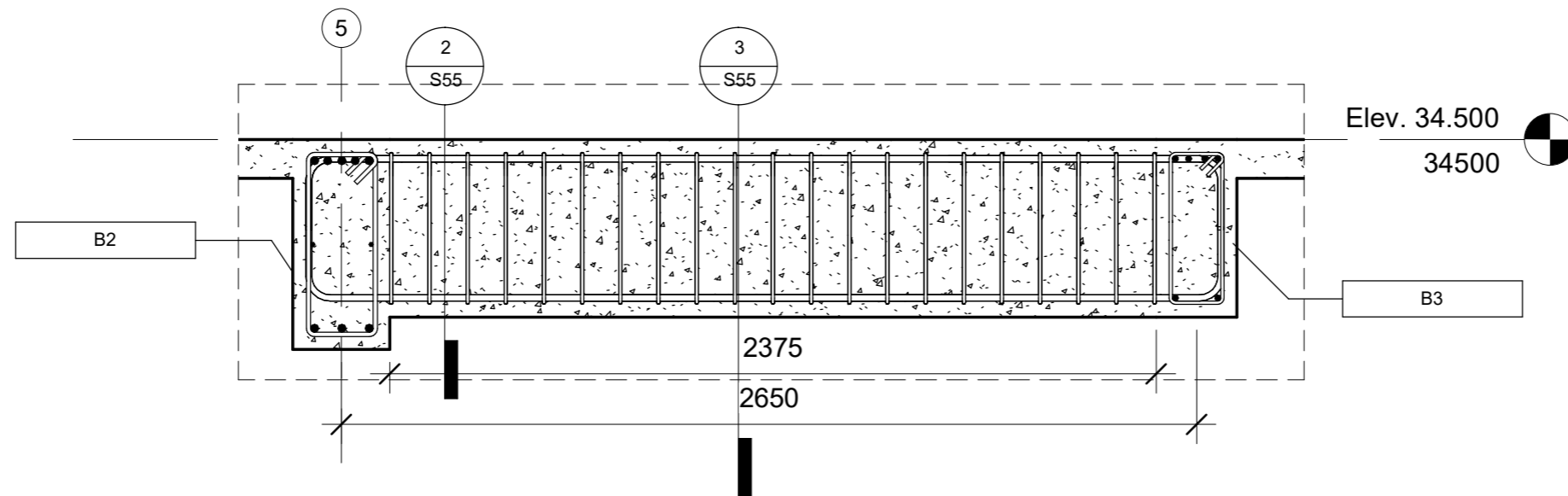
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

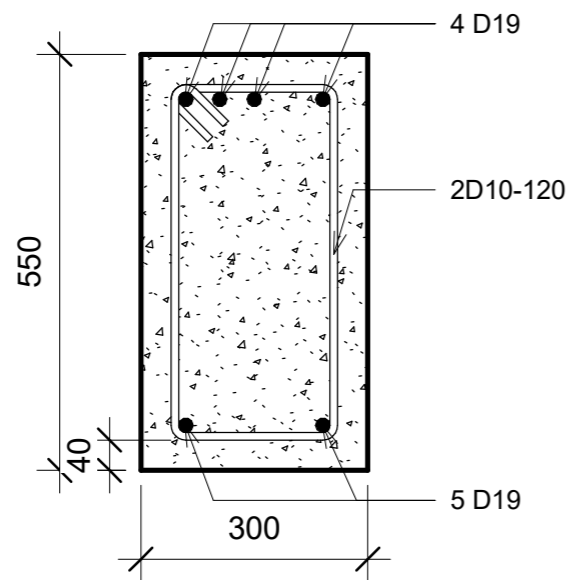
DETAIL PENULANGAN B LIFT

As indicated

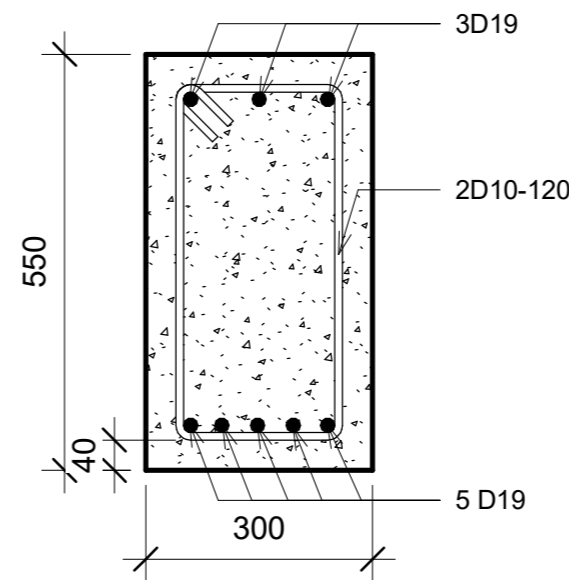
Catatan :



1 **DETAIL PENULANGAN B LIFT**
 1 : 20



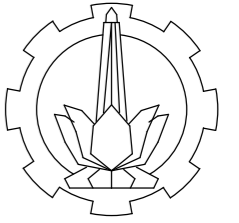
2 **POTONGAN 2-S55 (B LIFT TUMPUAN)**
 1 : 10



3 **POTONGAN 3-S55 (B LIFT LAPANGAN)**
 1 : 10

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S55	77
-----	----



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

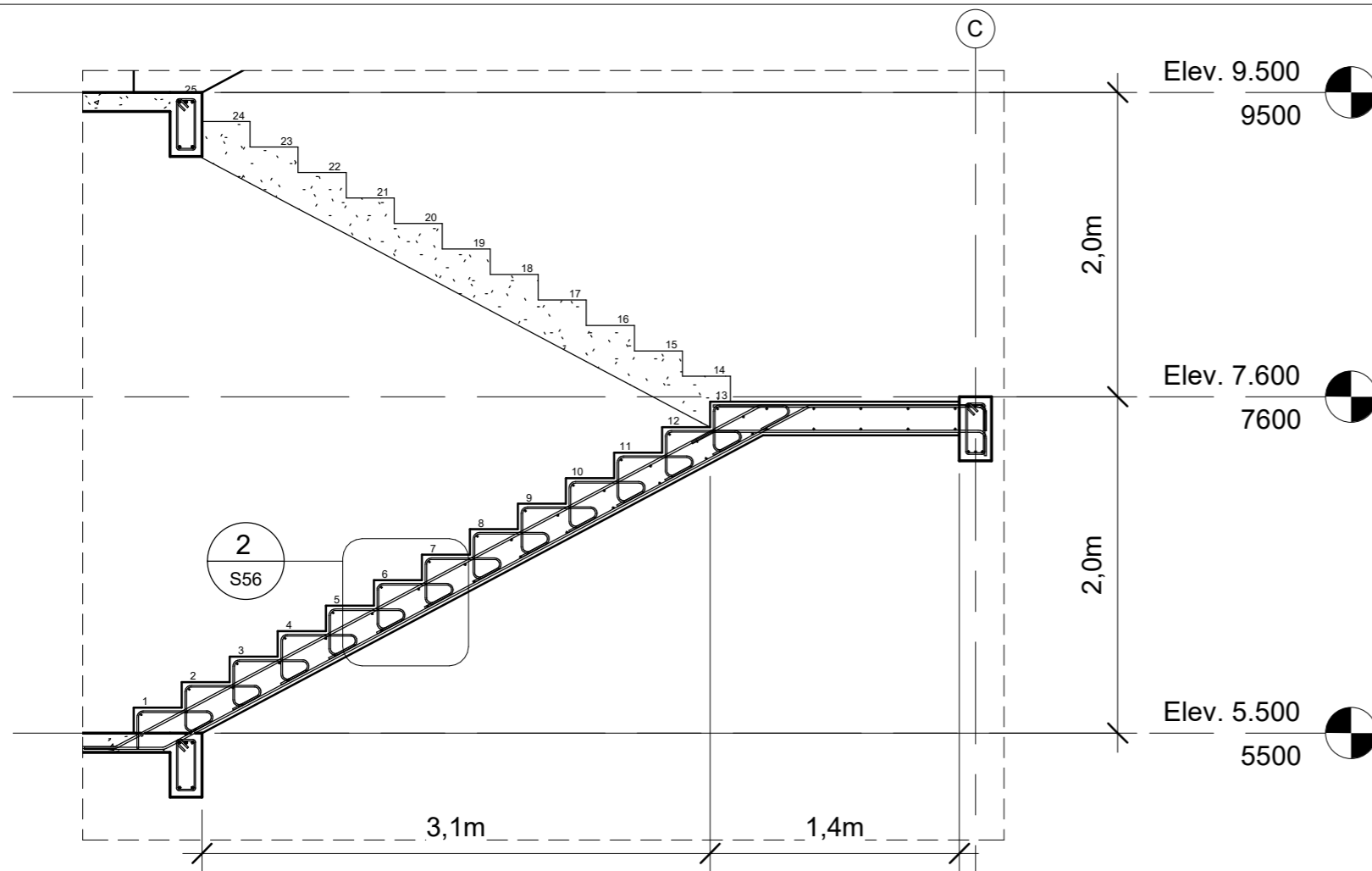
DETAIL PENULANGAN TANGGA

As indicated

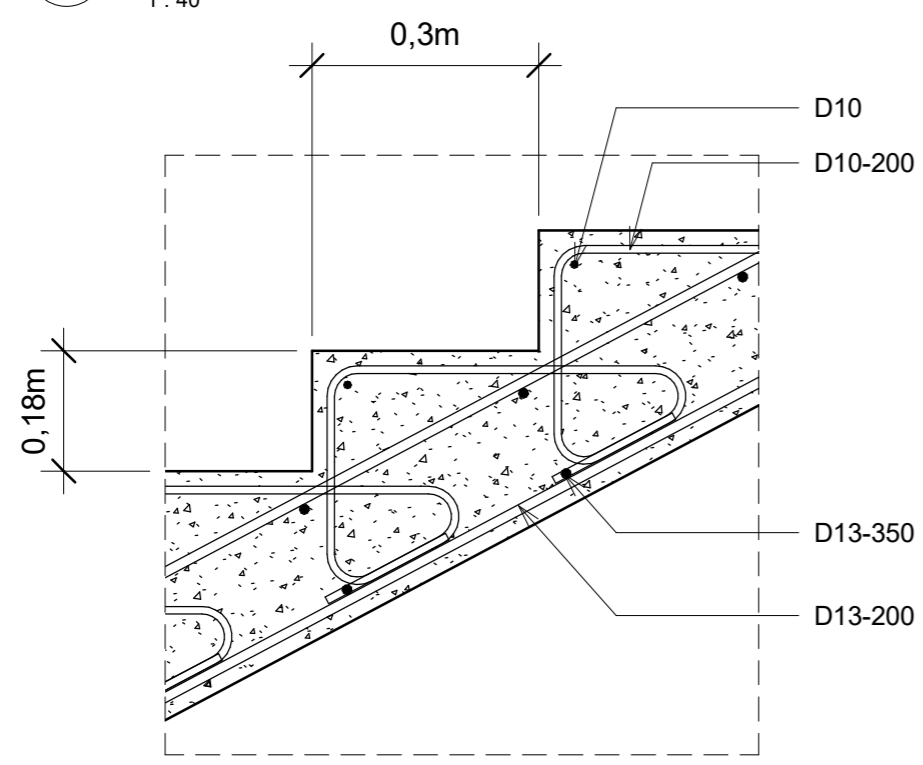
Catatan :

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

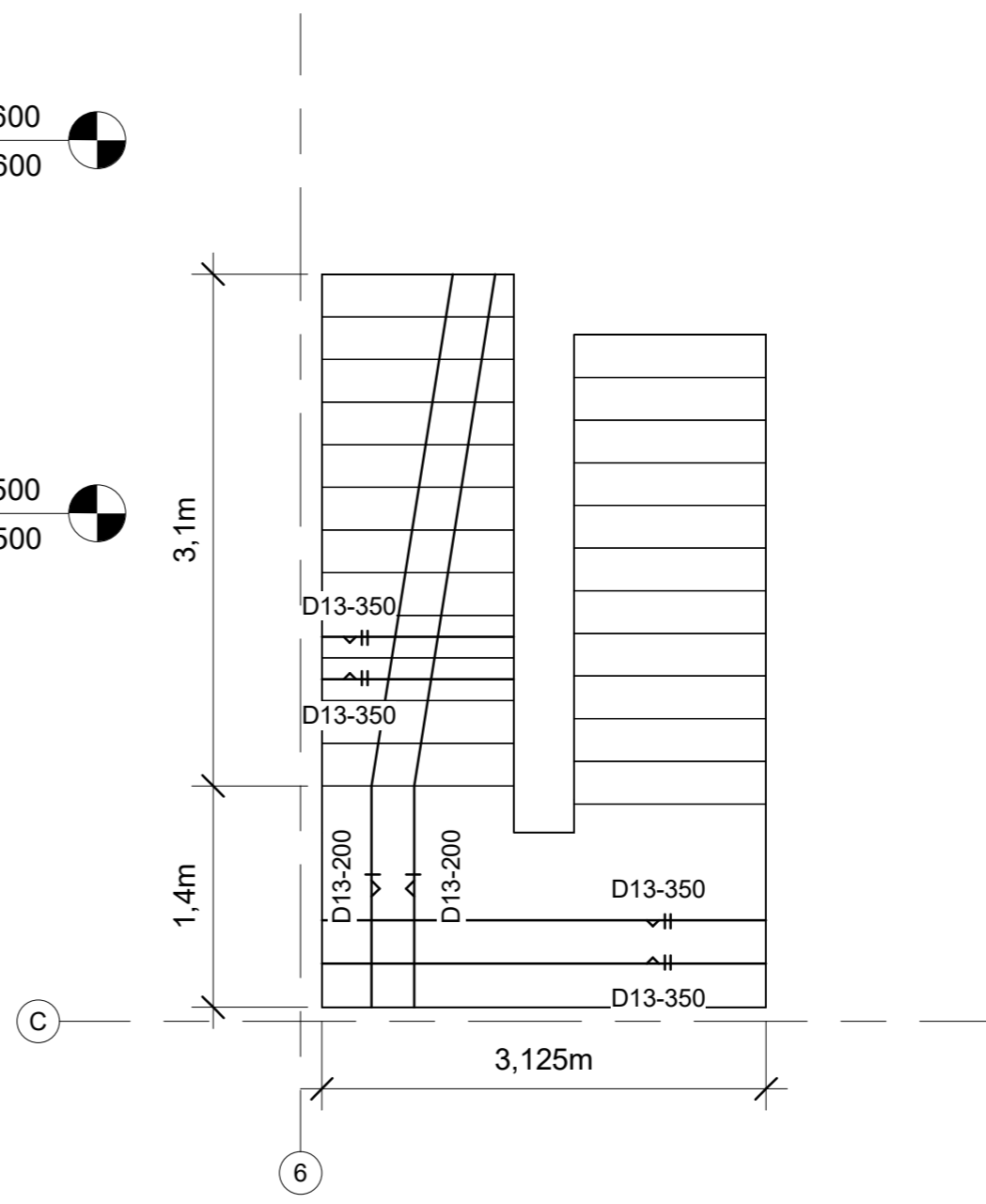
S56	77
-----	----



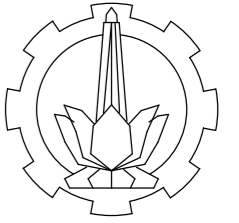
1 **DETAIL PENULANGAN TANGGA**
1 : 40



2 **DETAILING PENULANGAN TANGGA**
1 : 10



3 **DENAH PENULANGAN TANGGA**
1 : 50



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

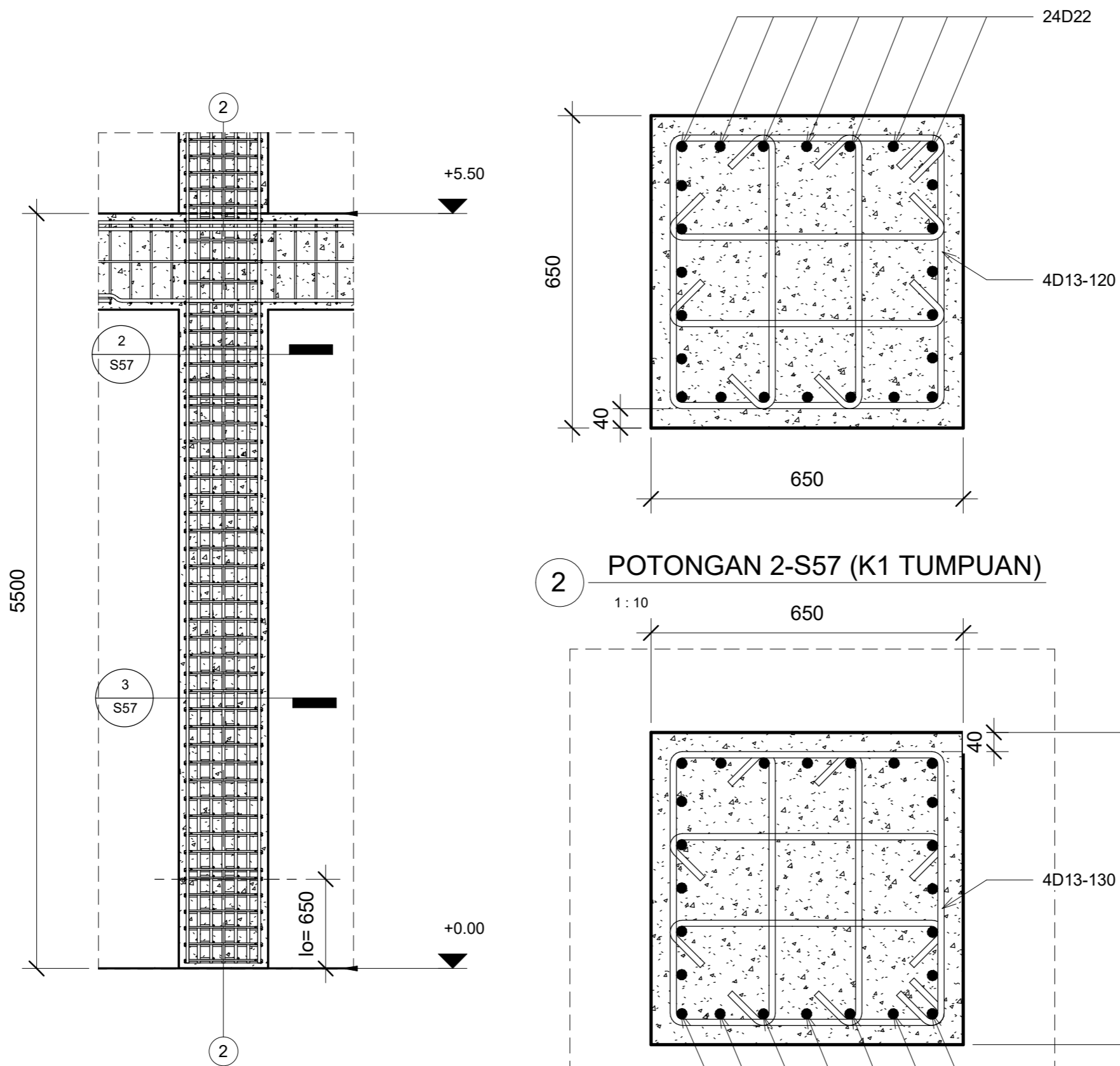
DETAIL PENULANGAN K1

As indicated

Catatan :

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

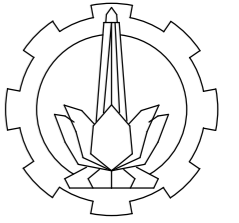
S57	77
-----	----



1 DETAIL PENULANGAN KOLOM K1
1 : 35

2 POTONGAN 2-S57 (K1 TUMPUAN)
1 : 10

3 POTONGAN 3-S57 (K1 LAPANGAN)
1 : 10



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

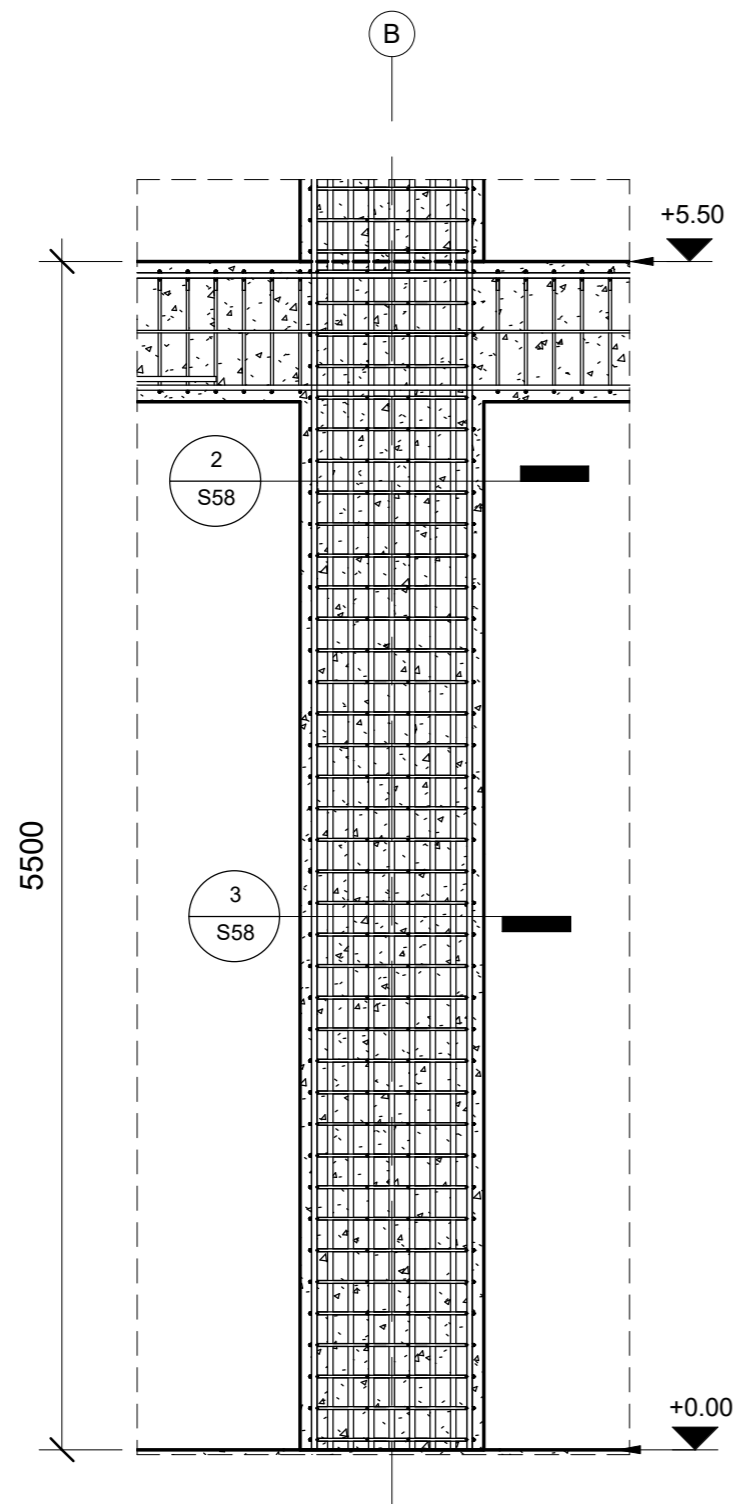
DETAIL PENULANGAN K2

As indicated

Catatan :

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

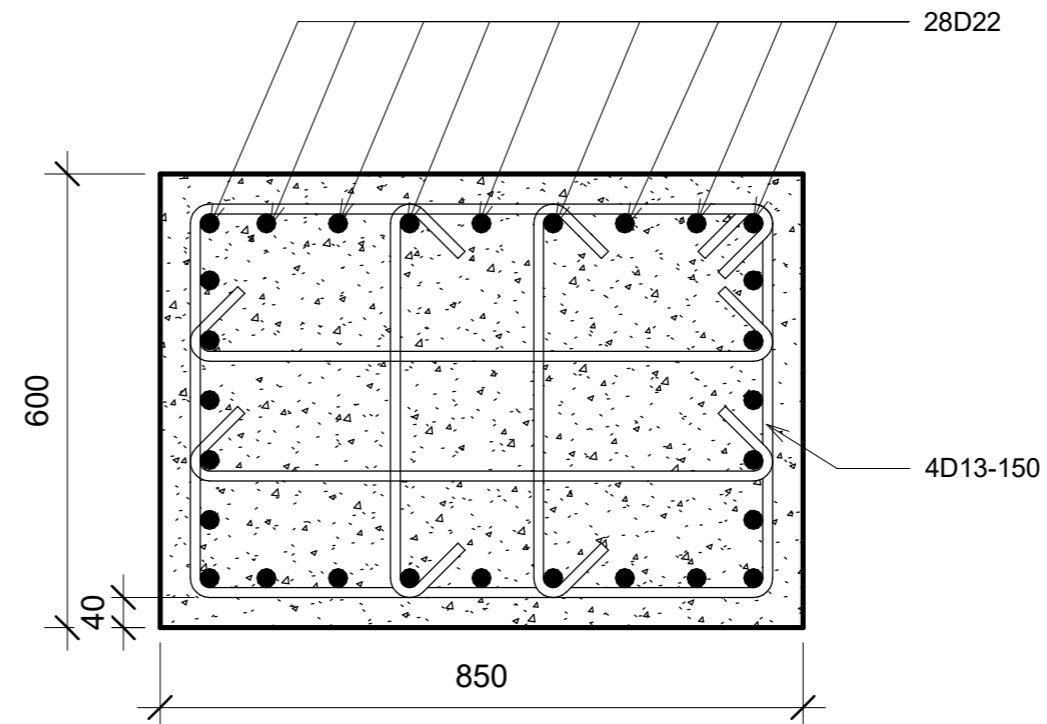
S58	77
-----	----



1

DETAIL PENULANGAN KOLOM K2

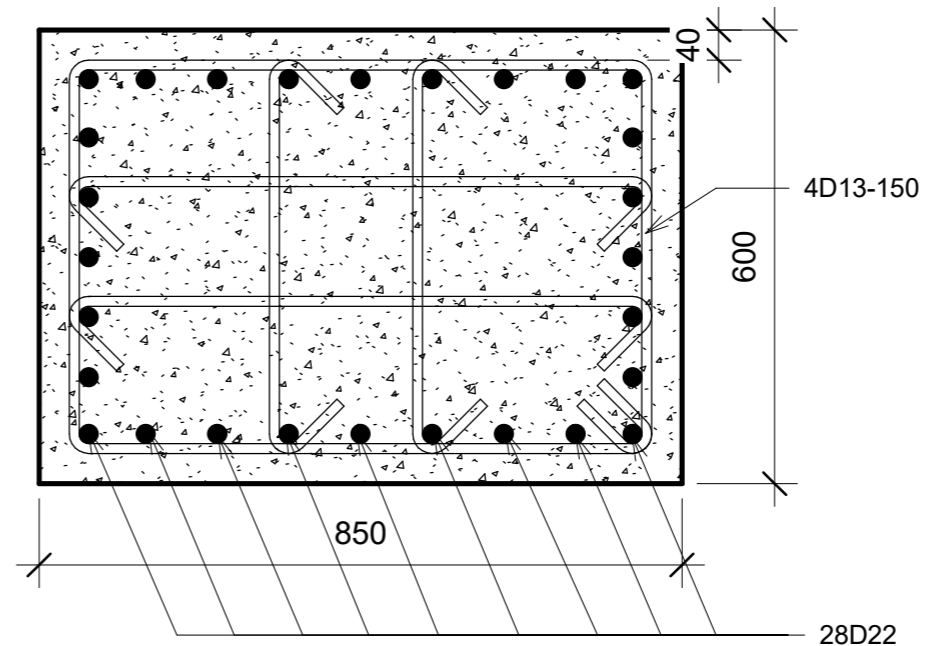
1 : 35



2

POTONGAN 2-S58 (K2 TUMPUAN)

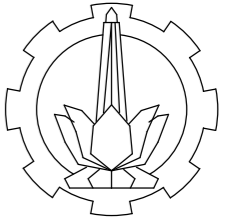
1 : 10



3

POTONGAN 3-S58 (K2 LAPANGAN)

1 : 10



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

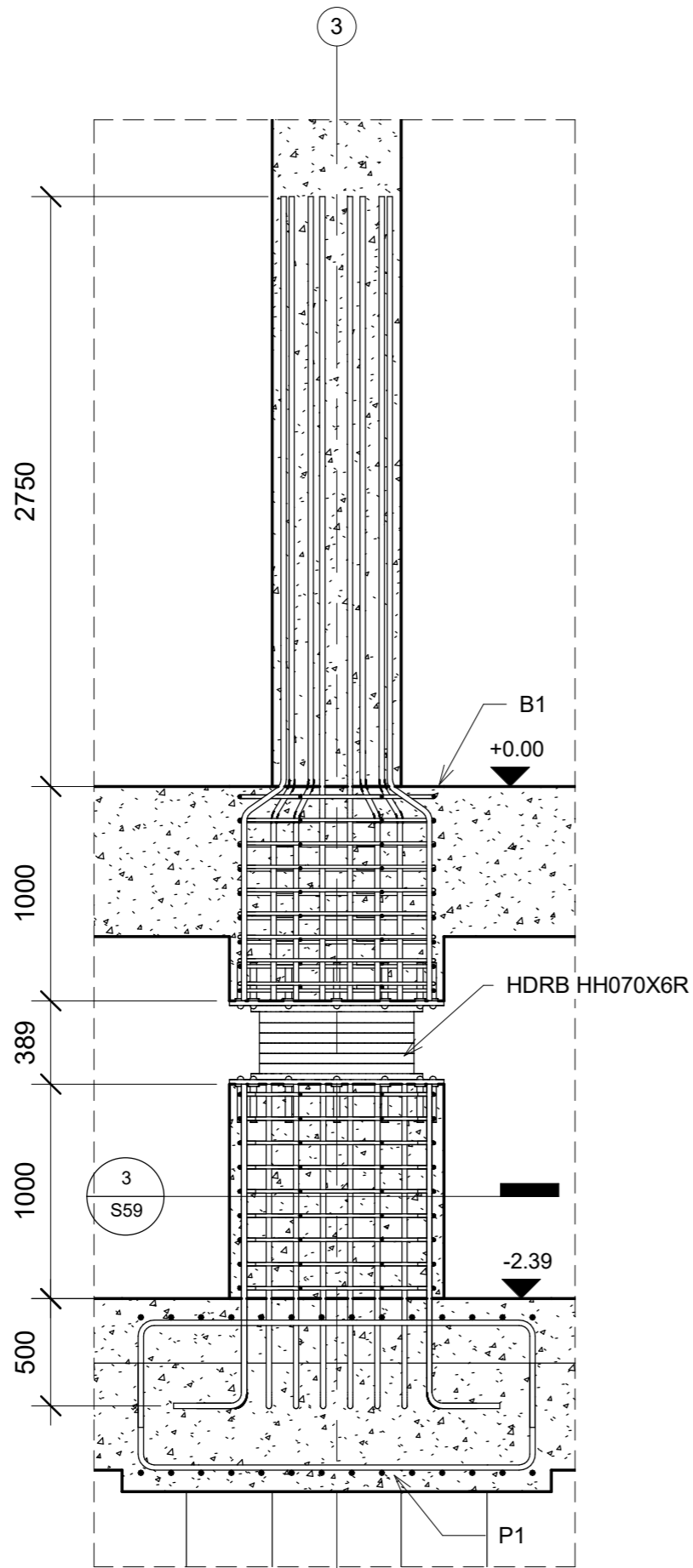
DETAIL PENULANGAN K3

As indicated

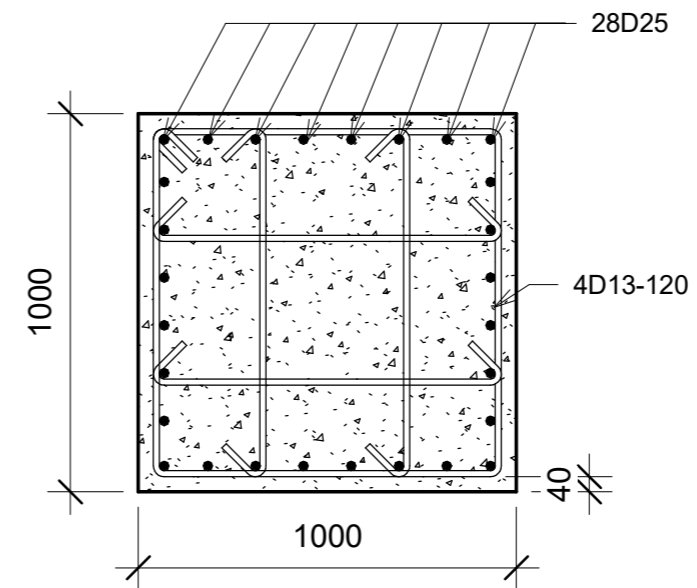
Catatan :

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

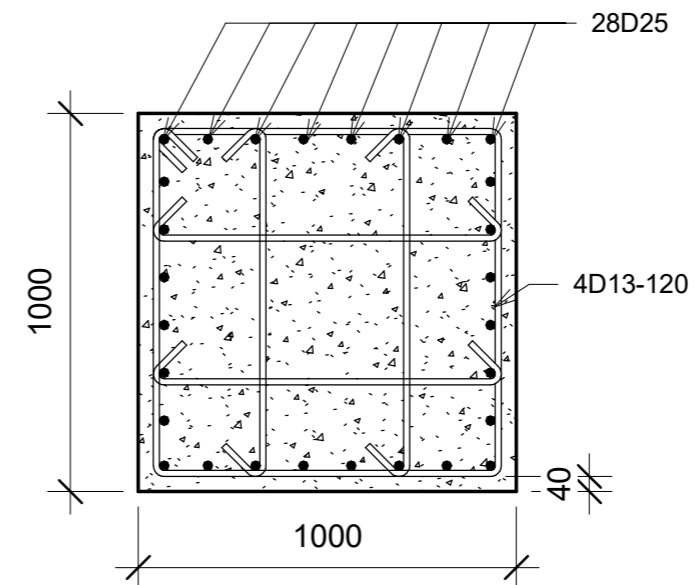
S59	77
-----	----



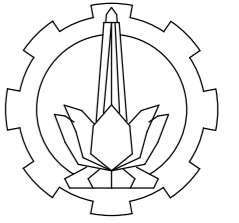
1
1 : 30



2
1 : 20



3
1 : 20



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

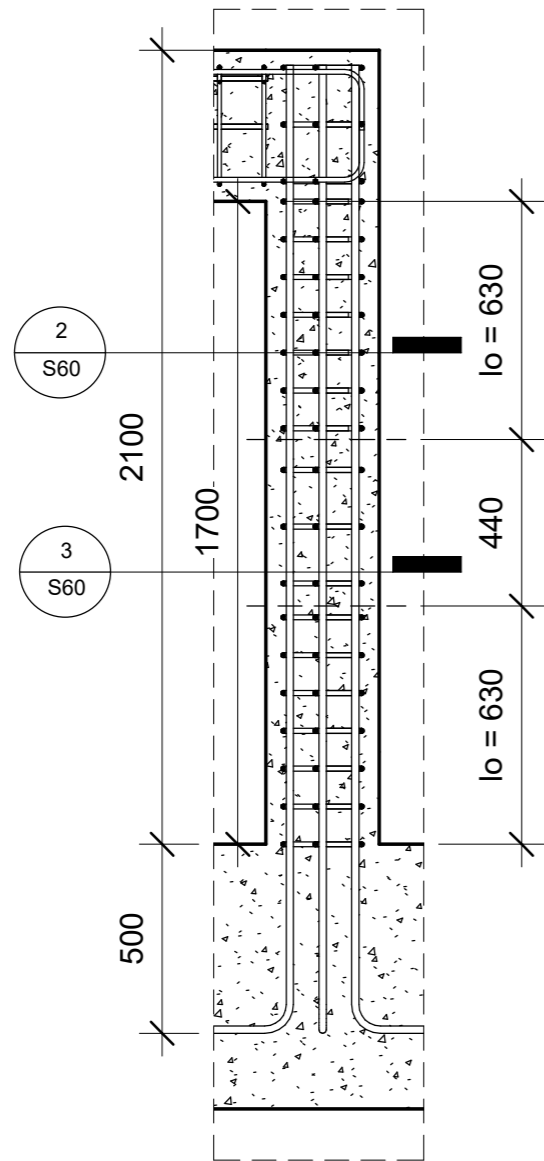
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

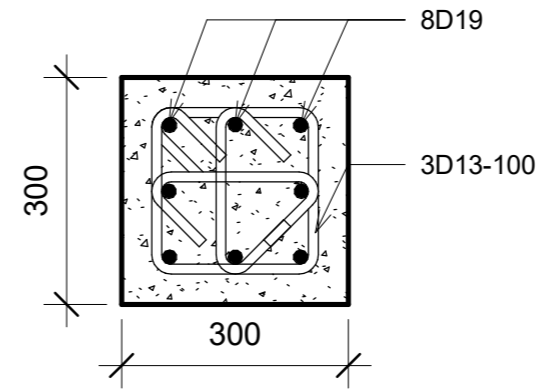
DETAIL PENULANGAN K4

As indicated

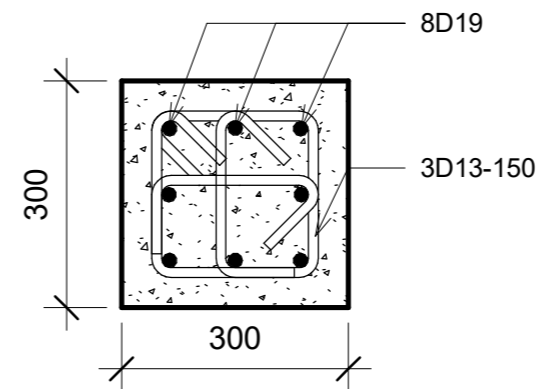
Catatan :



1 **DETAIL PENULANGAN K4**
 1 : 20

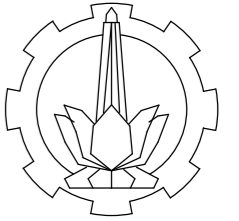


2 **POTONGAN 2-S60 (K4 TUMPUAN)**
 1 : 10



3 **POTONGAN 3-S60 (K4 LAPANGAN)**
 1 : 10

NOMOR	JUMLAH
S60	77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN S1

As indicated

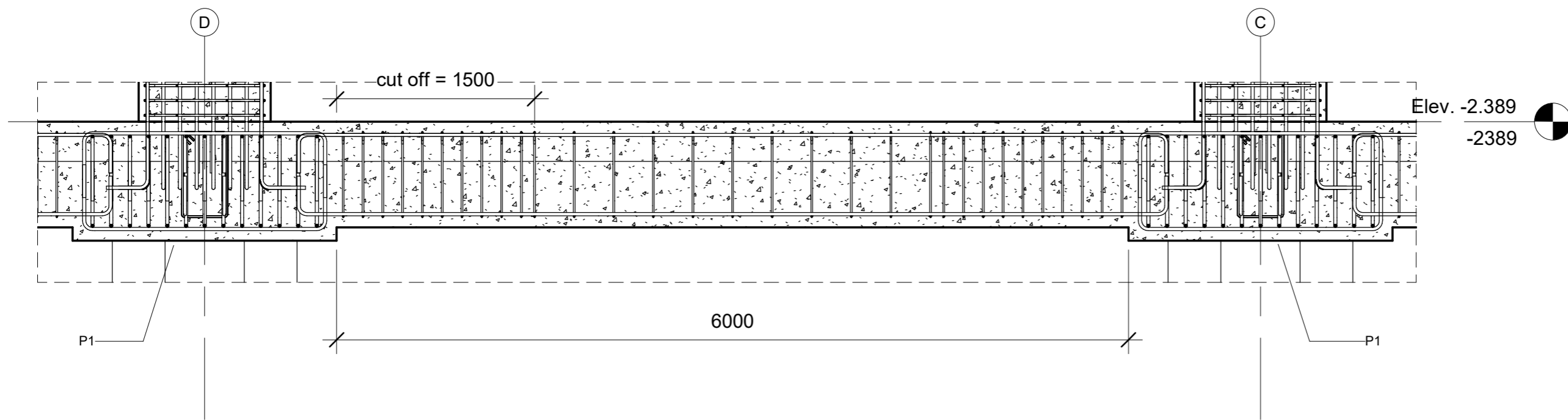
Catatan :

NOMOR

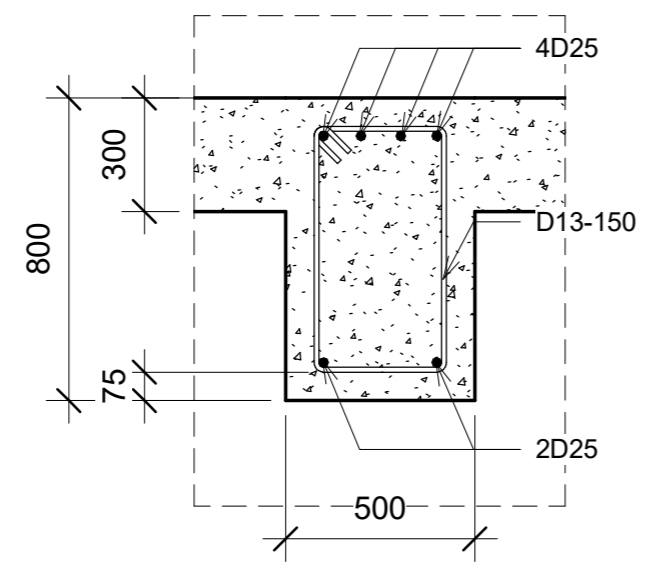
S61

JUMLAH

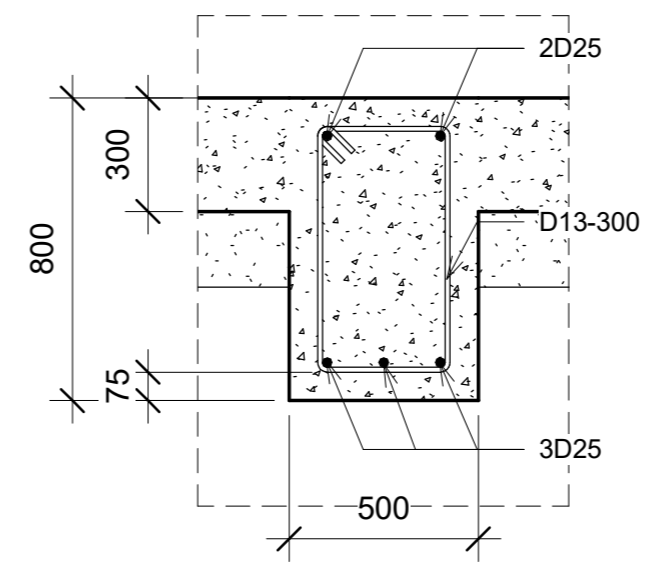
77



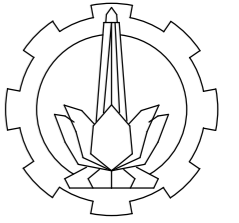
1 **DETAIL PENULANGAN S1**
 1 : 35



2 **DETAIL TULANGAN S1 TUMPUAN**
 1 : 20



3 **DETAIL TULANGAN S1 LAPANGAN**
 1 : 20



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PONDASI

1 : 35

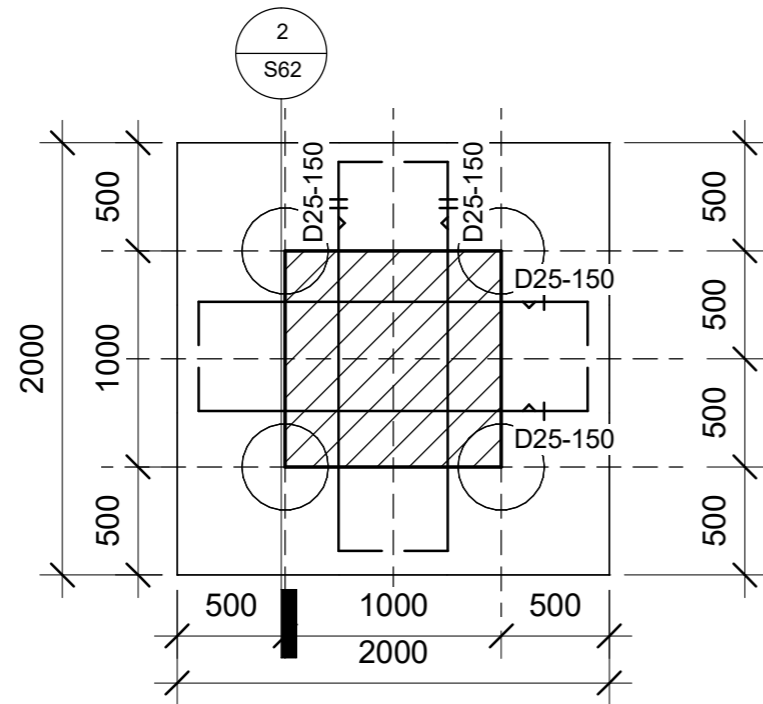
Catatan :

NOMOR

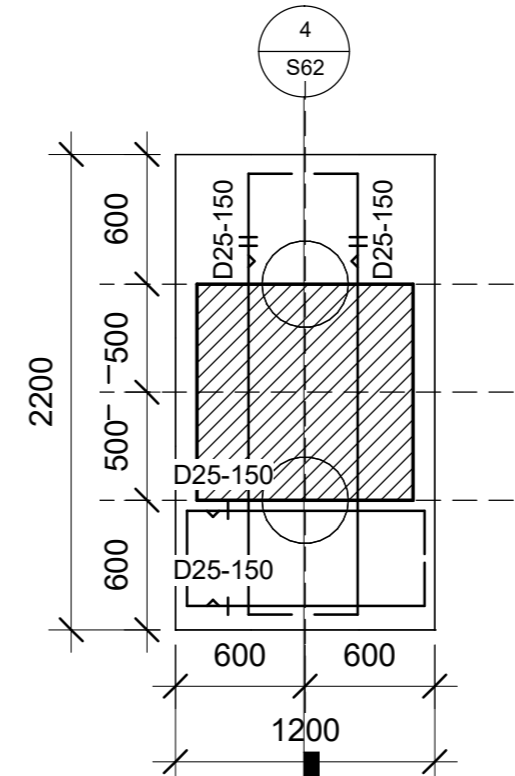
S62

JUMLAH

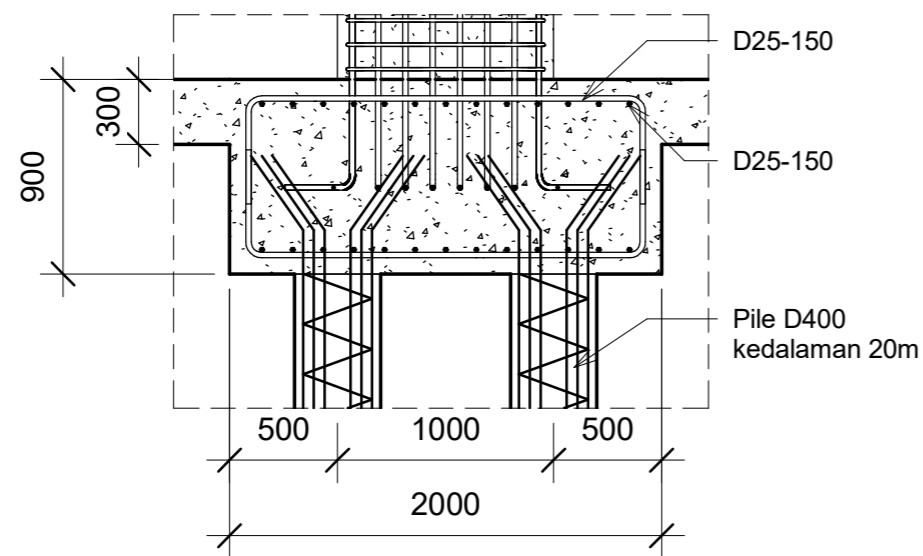
77



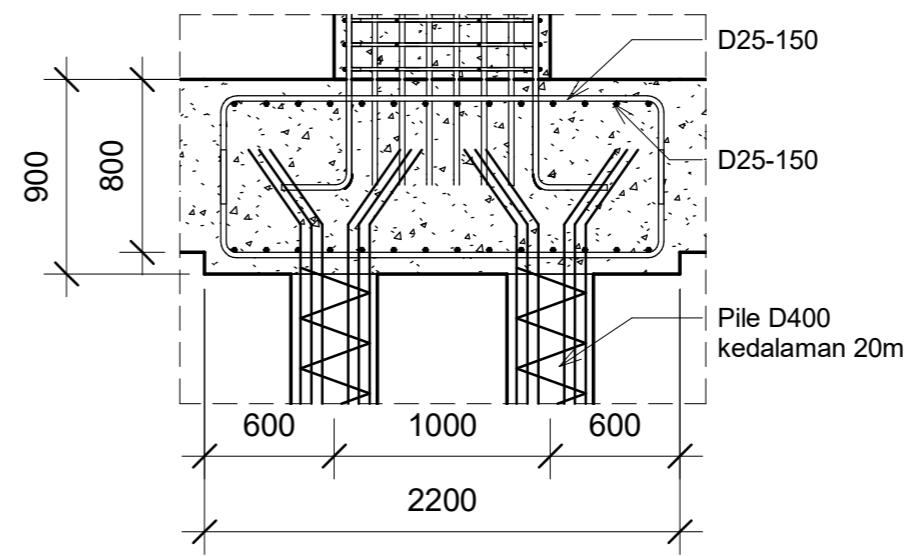
1 **DETAIL P1**
 1 : 35



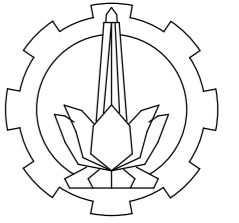
3 **DETAIL P2**
 1 : 35



2 **POTONGAN P1**
 1 : 35



4 **POTONGAN P2**
 1 : 35



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

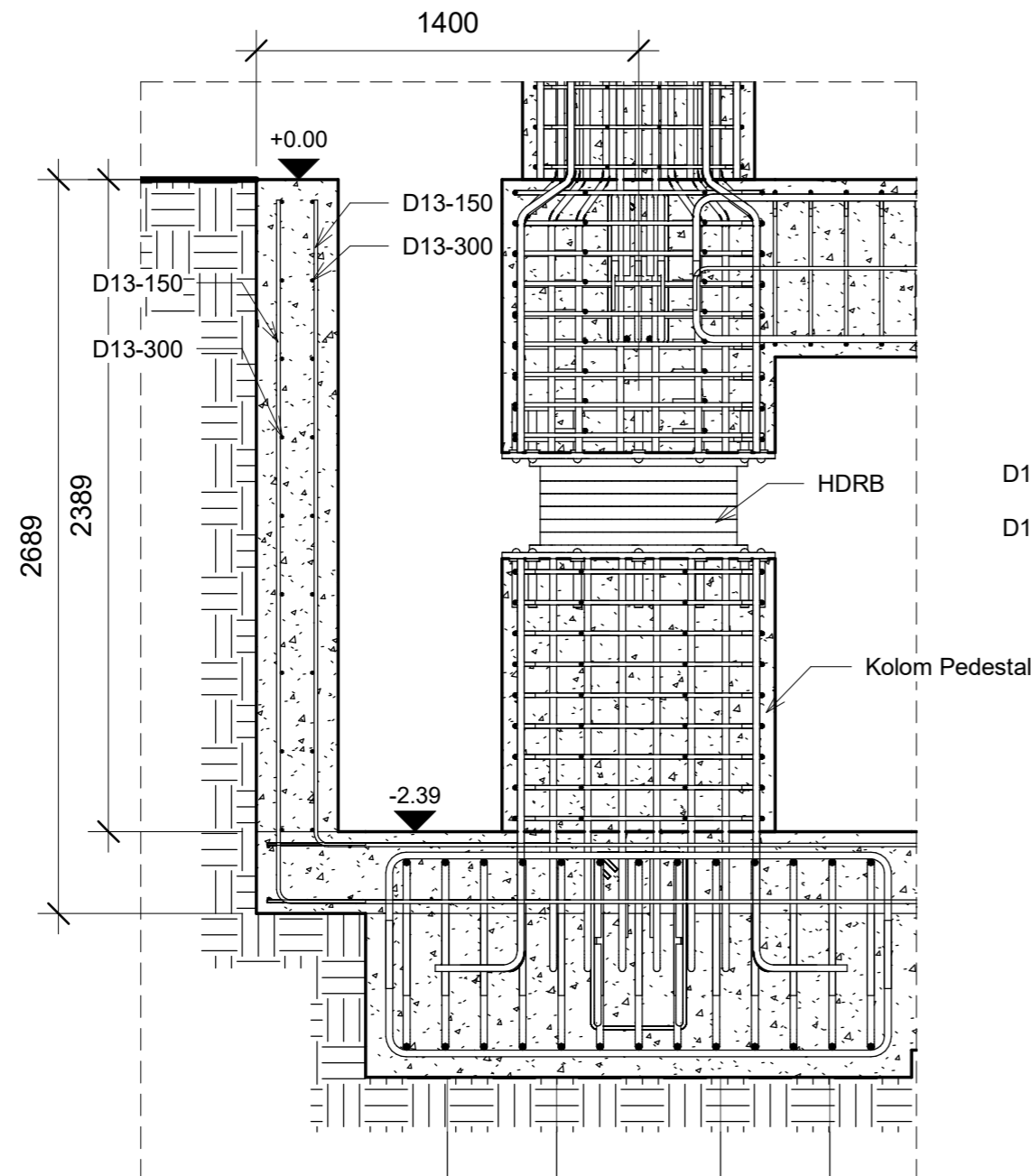
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

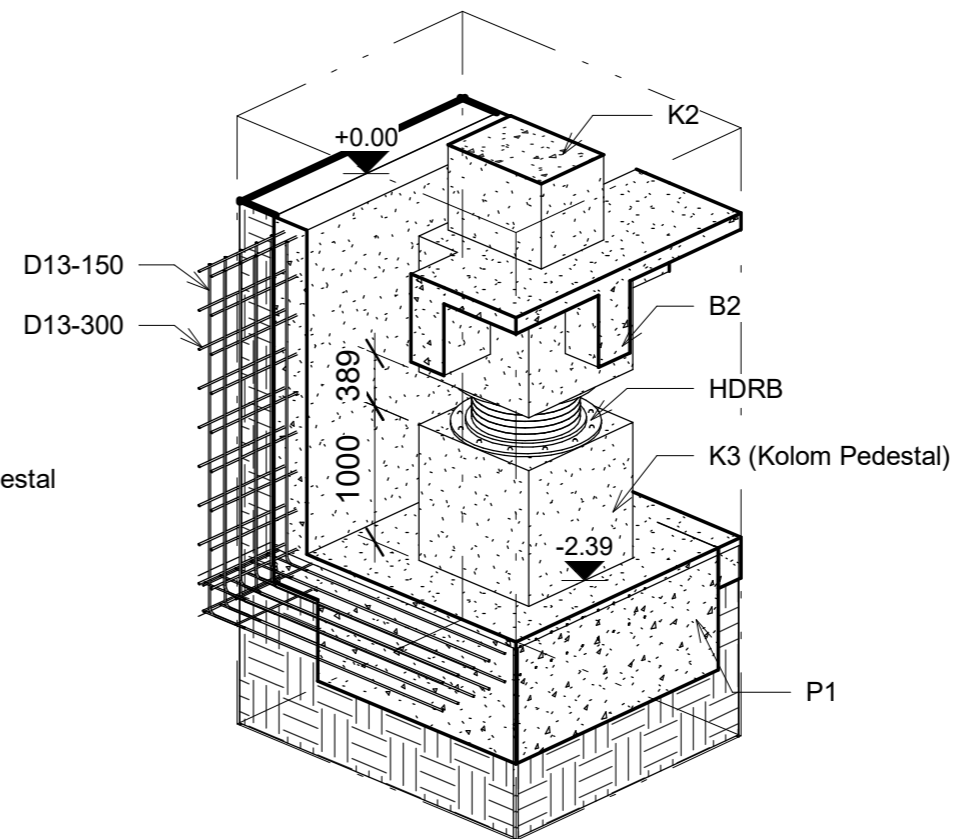
DETAIL PENULANGAN DINDING
 BASEMENT

1 : 25

Catatan :



1 **DETAIL DINDING BASEMENT**
 1 : 25



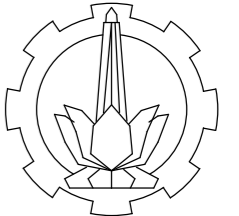
2 **3D DINDING BASEMENT**

NOMOR

JUMLAH

S63

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Damping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PLAT
 BASEMENT

As indicated

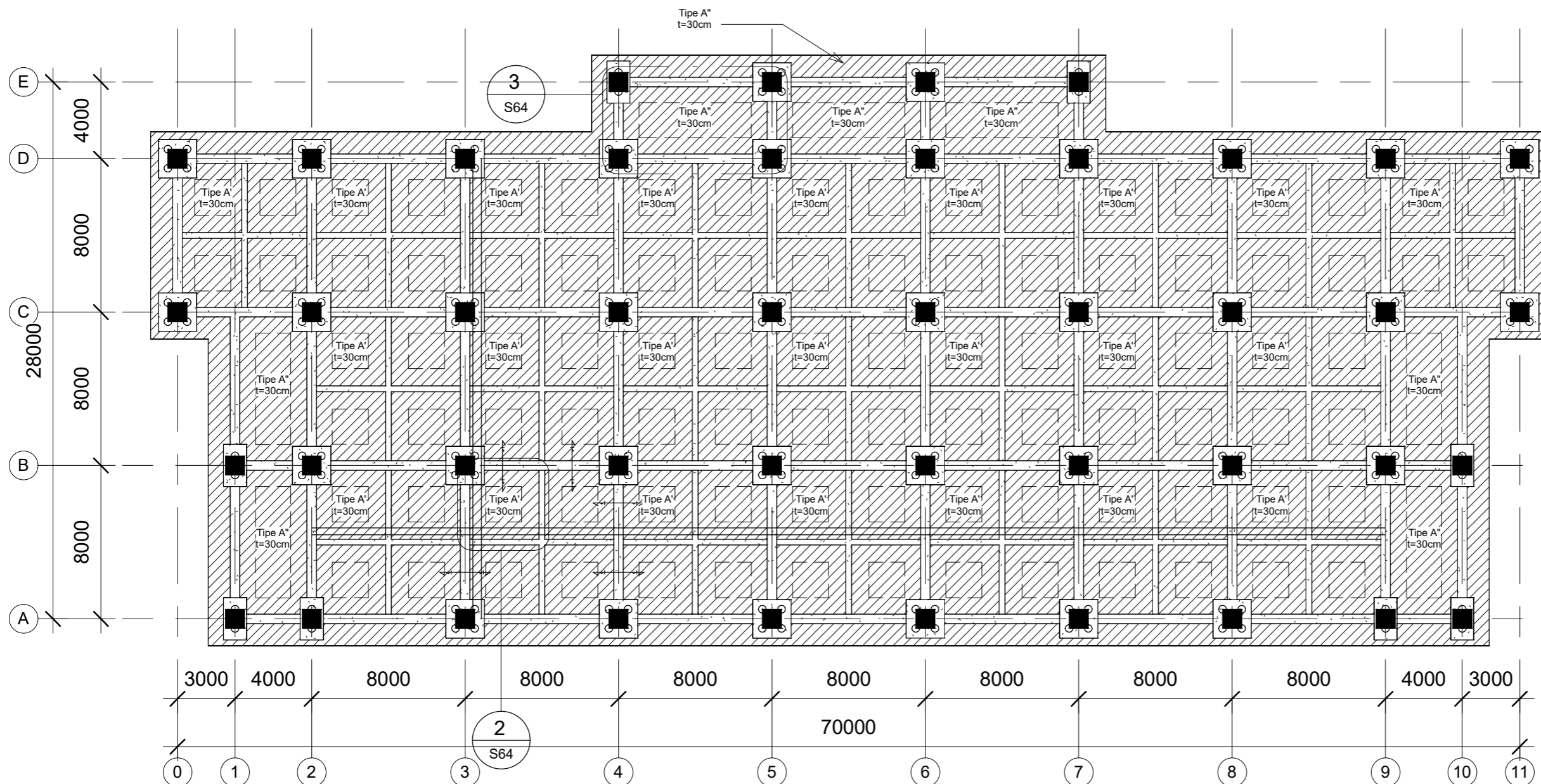
Catatan :

NOMOR

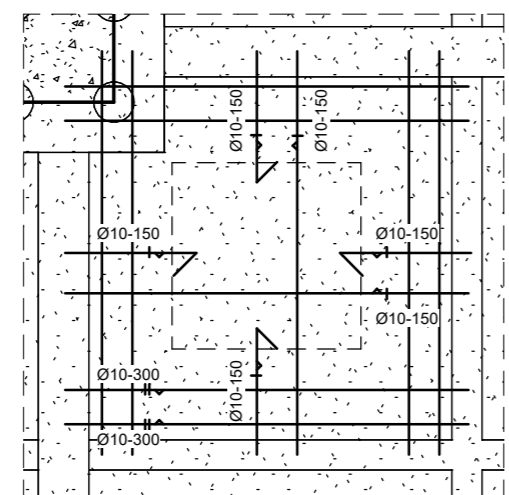
JUMLAH

S64

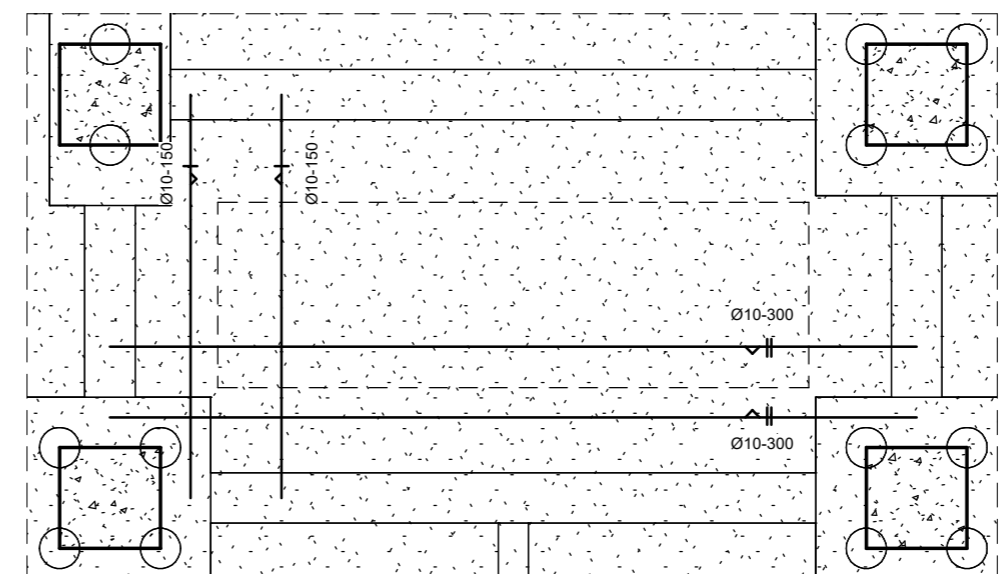
77



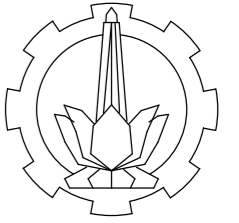
1 DENAH PENULANGAN PELAT
 BASEMENT
 1 : 250



2 DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE A'
 1 : 75



3 DETAIL PENULANGAN PLAT TIPE A''
 1 : 75



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

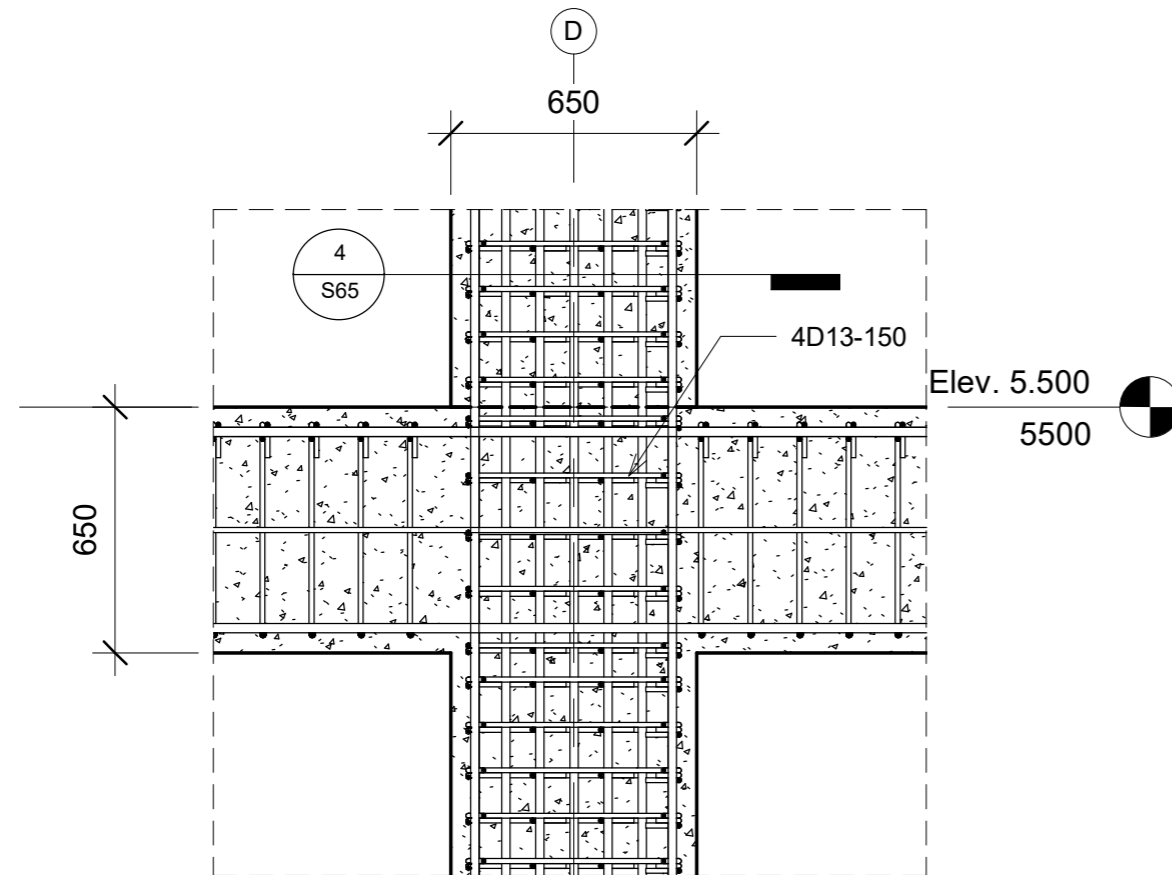
NAMA GAMBAR

HUBUNGAN BALOK-KOLOM

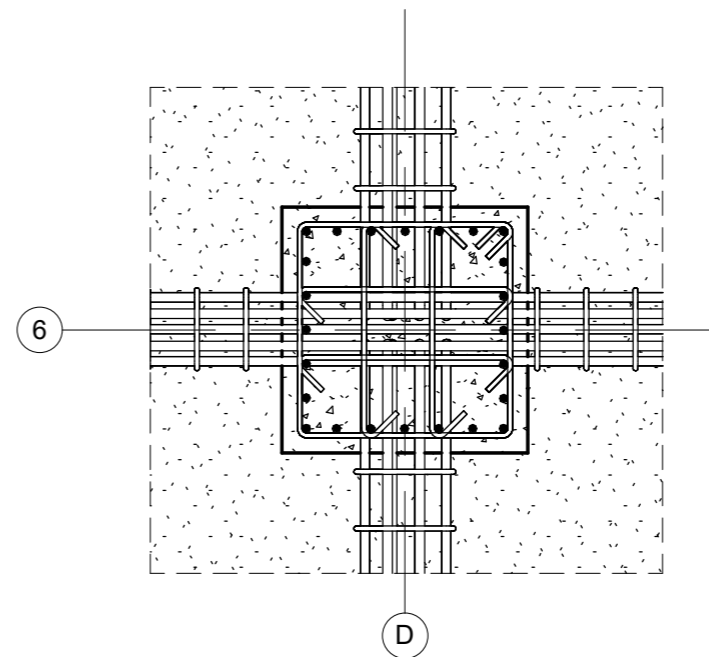
1 : 20

Catatan :

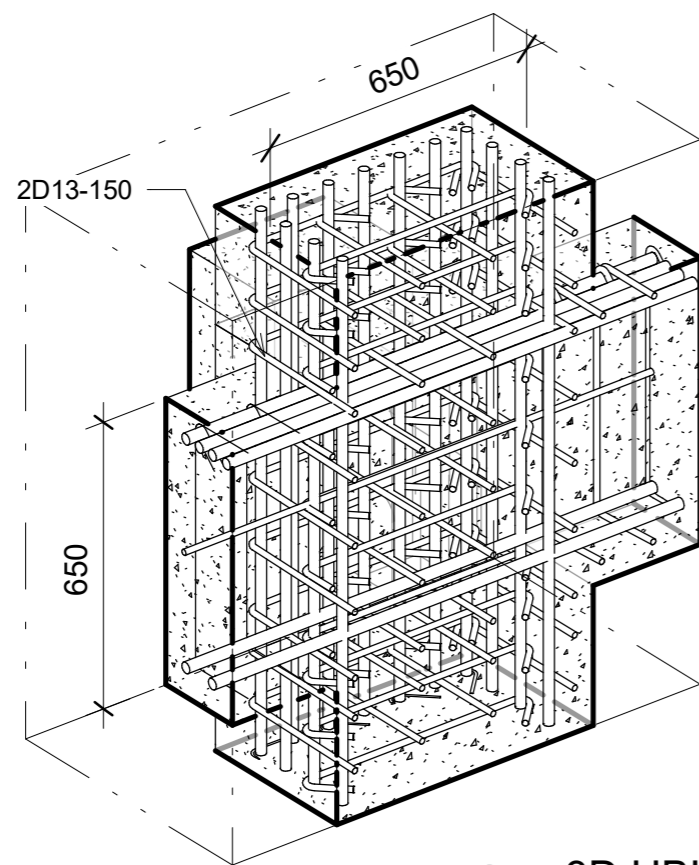
NOMOR	JUMLAH
S65	77



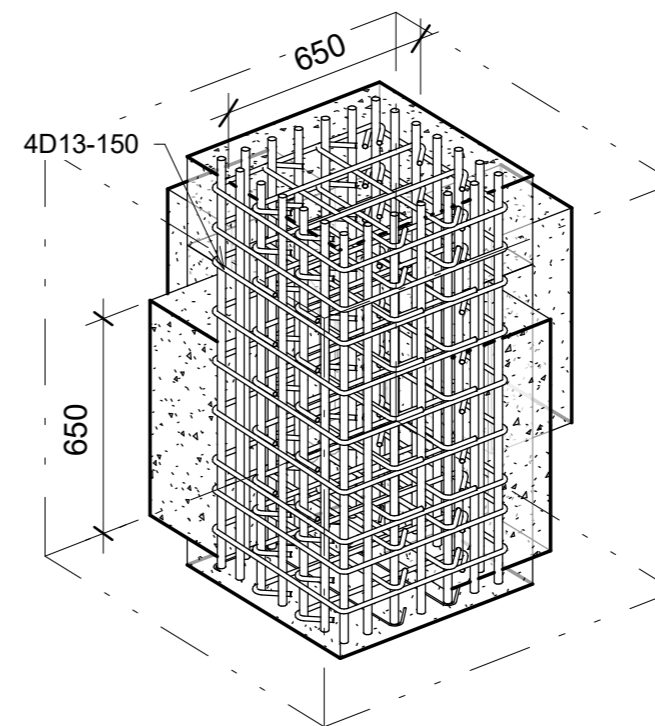
1 **DETAIL HBK**
1 : 20



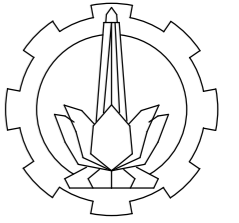
4 **DETAIL PLAN HBK**
1 : 20



3 **3D HBK POTONGAN**



2 **3D HBK**



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

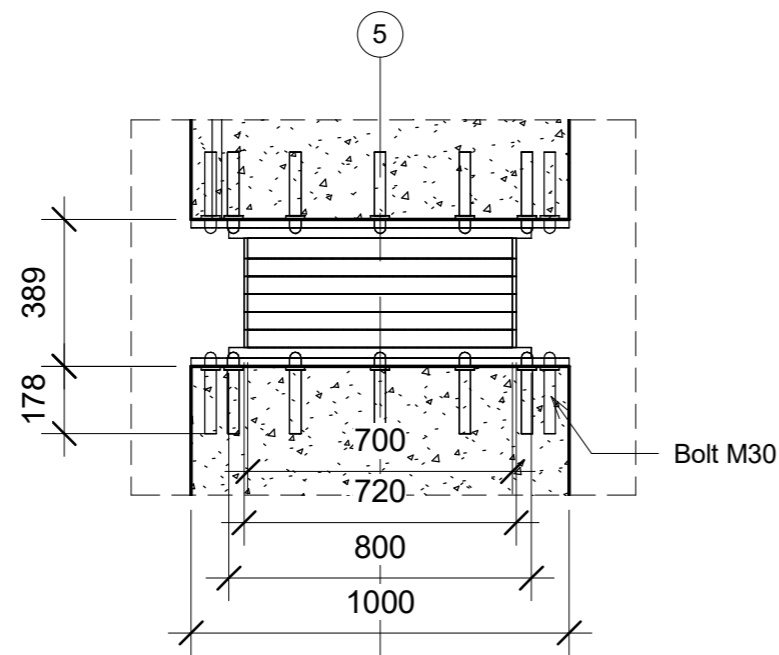
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

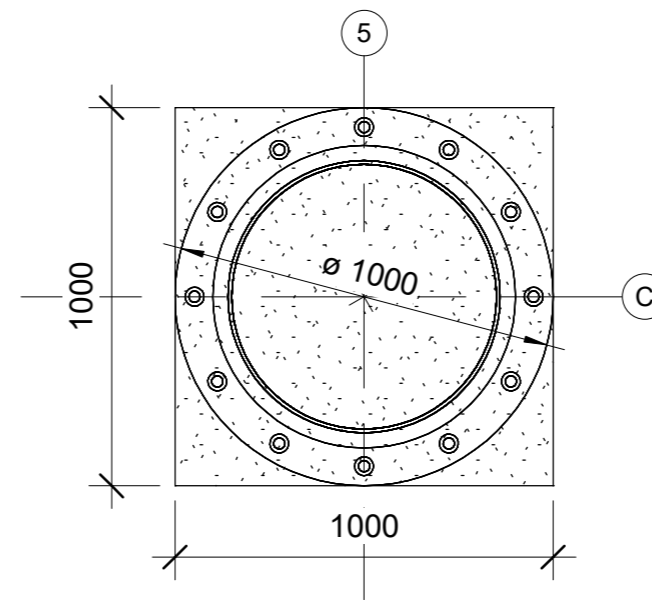
DETAIL HDRB HH070X6R

1 : 20

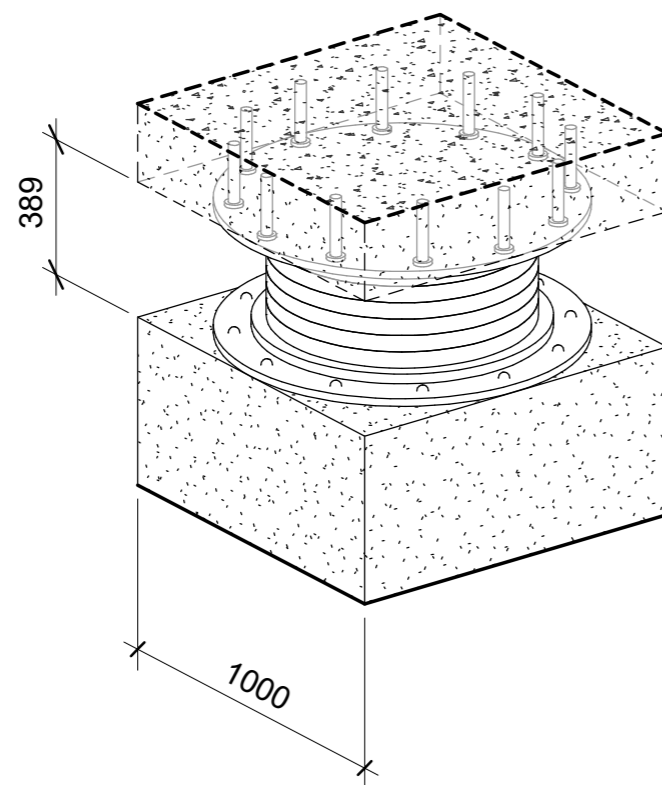
Catatan :



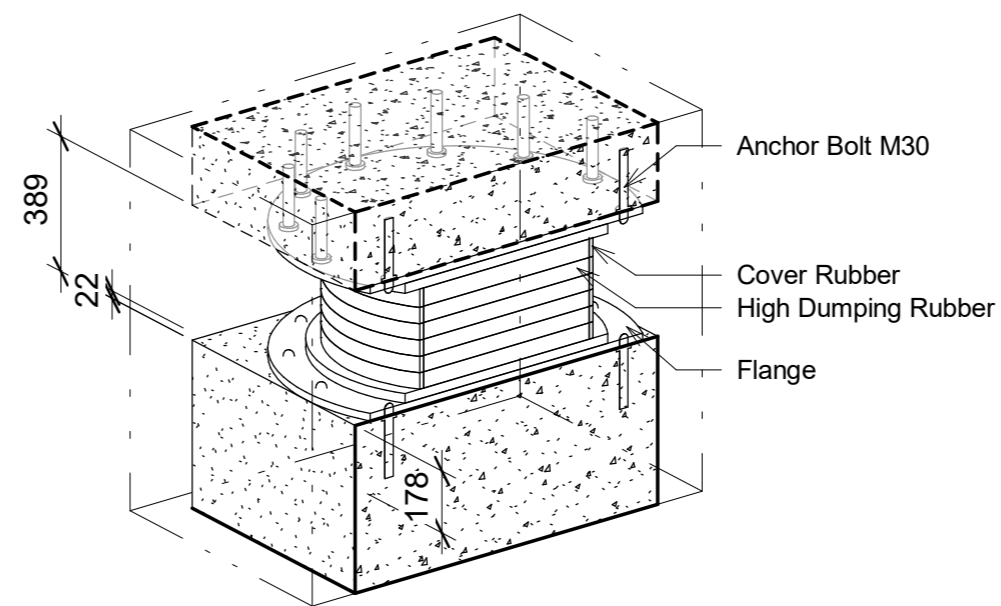
1 **DETAIL HDRB**
 1 : 20



2 **DETAIL HDRB 2**
 1 : 20



3 **3D HDRB**



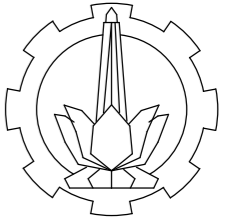
4 **3D HDRB POTONGAN**

NOMOR

JUMLAH

S66

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

PORTAL B

1 : 250

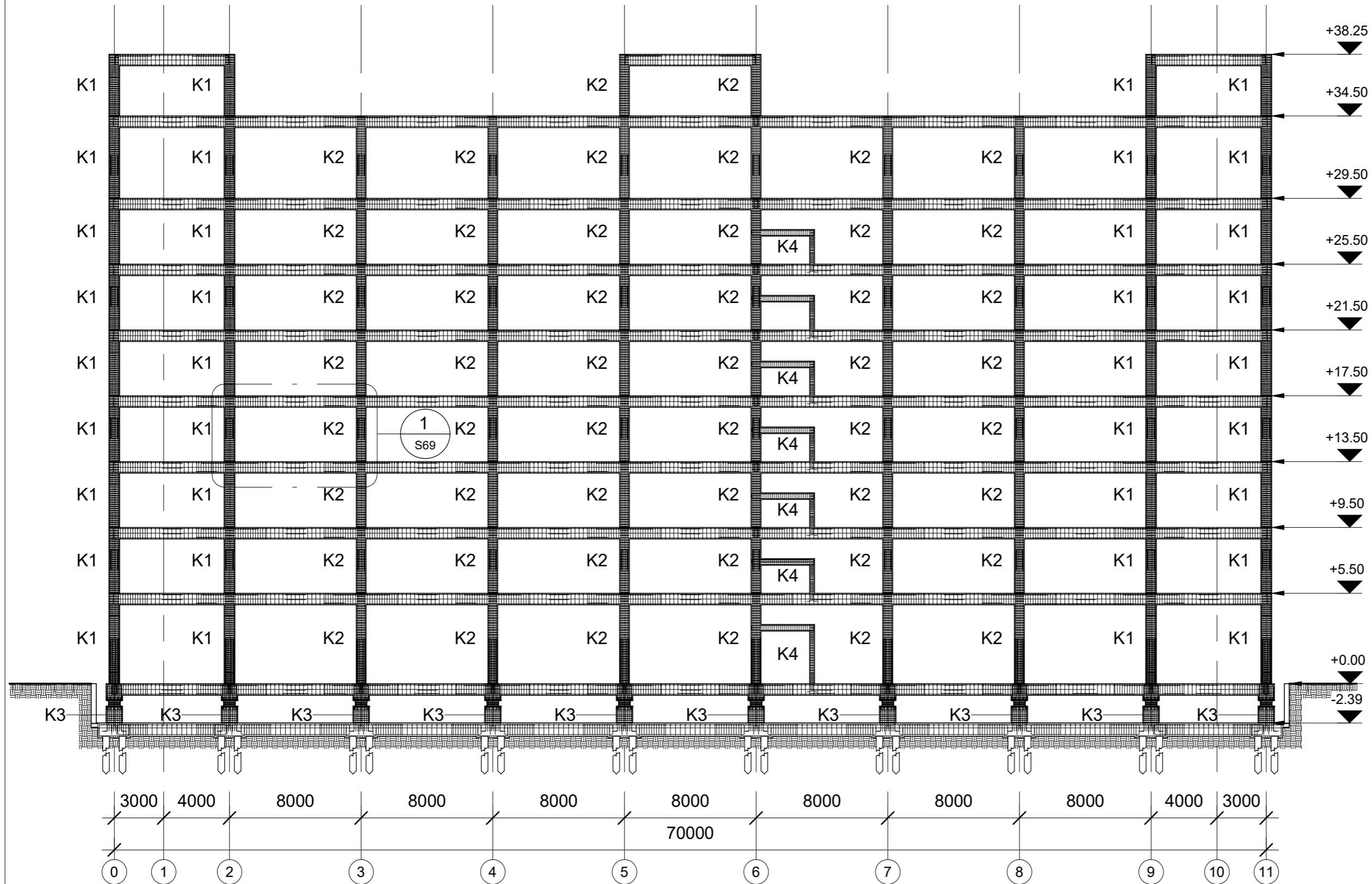
Catatan :

NOMOR

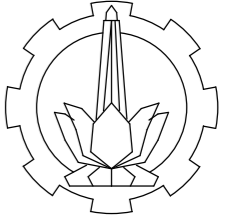
JUMLAH

S67

77



1 PORTAL B
 1 : 250



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

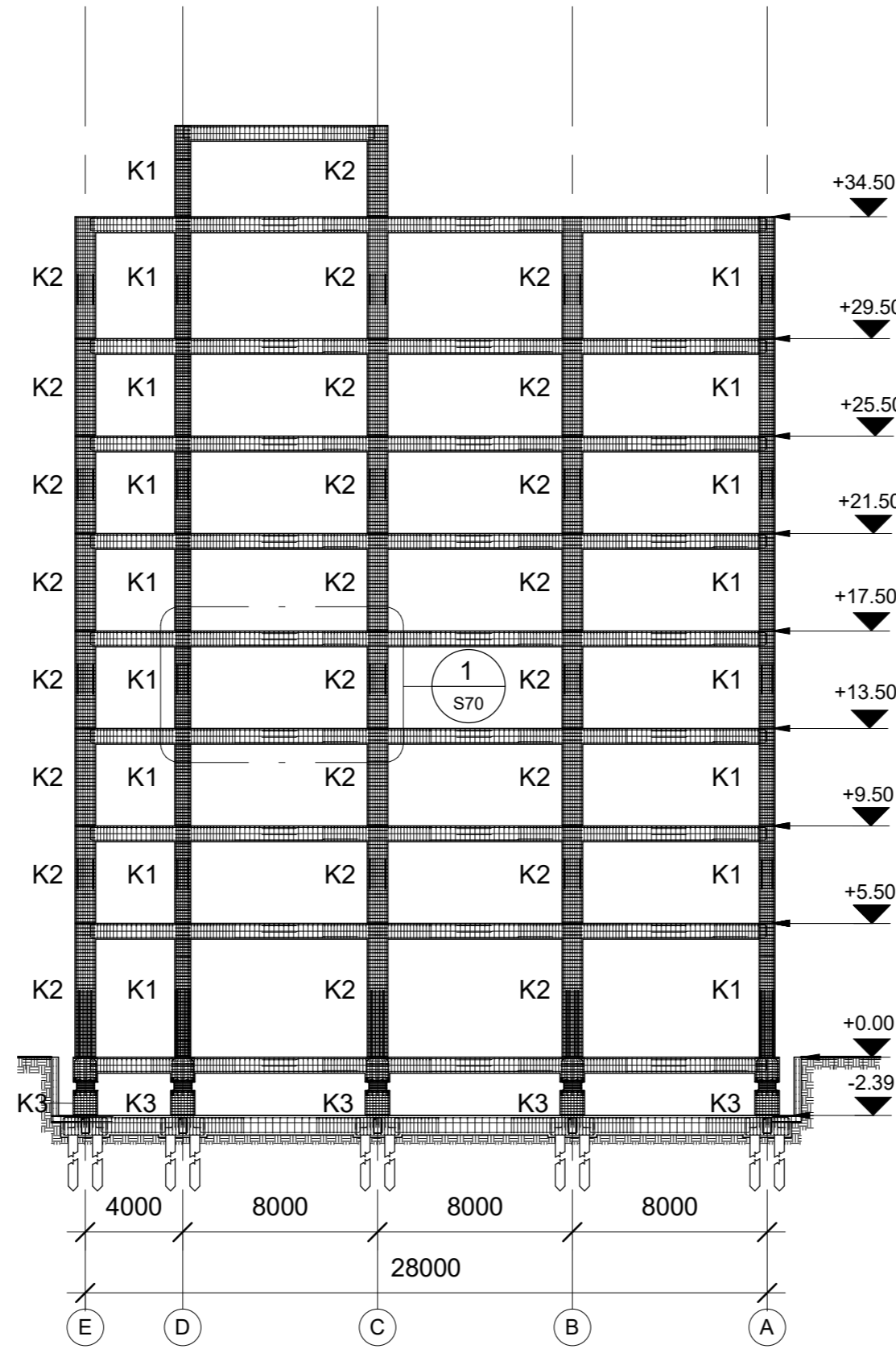
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

PORTAL A

1 : 250

Catatan :

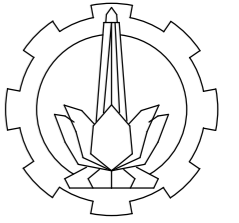


1 PORTAL A
 1 : 250

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S68

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

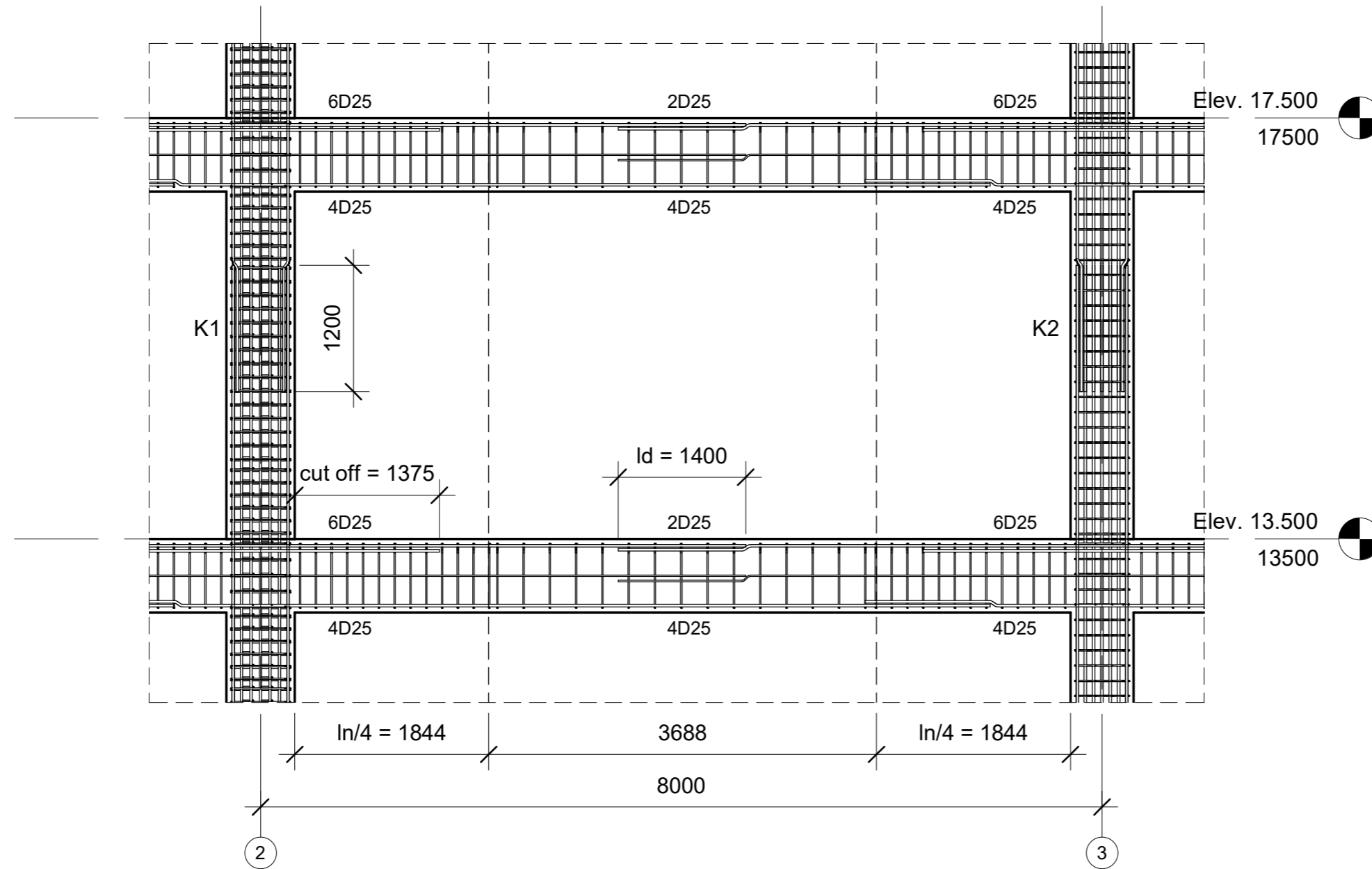
Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL B

1 : 50

Catatan :

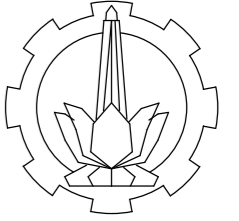


1 **DETAIL PORTAL B**
 1 : 50

NOMOR	JUMLAH
-------	--------

S69

77



TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

DETAIL PORTAL A

1 : 50

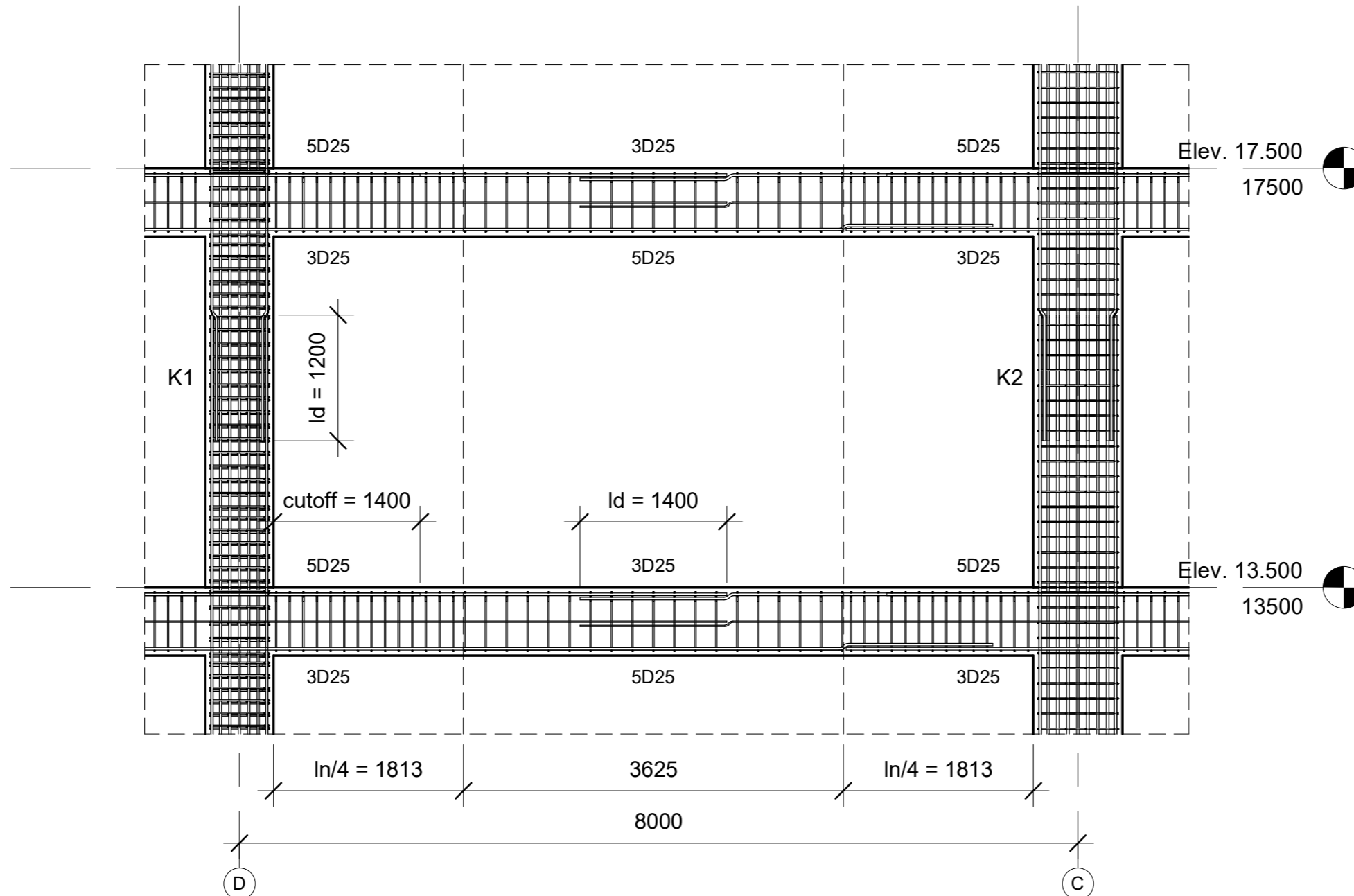
Catatan :

NOMOR

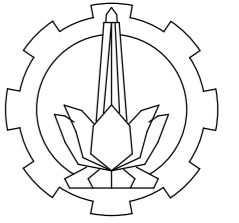
JUMLAH

S70

77



1 **DETAIL PORTAL A**
 1 : 50



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

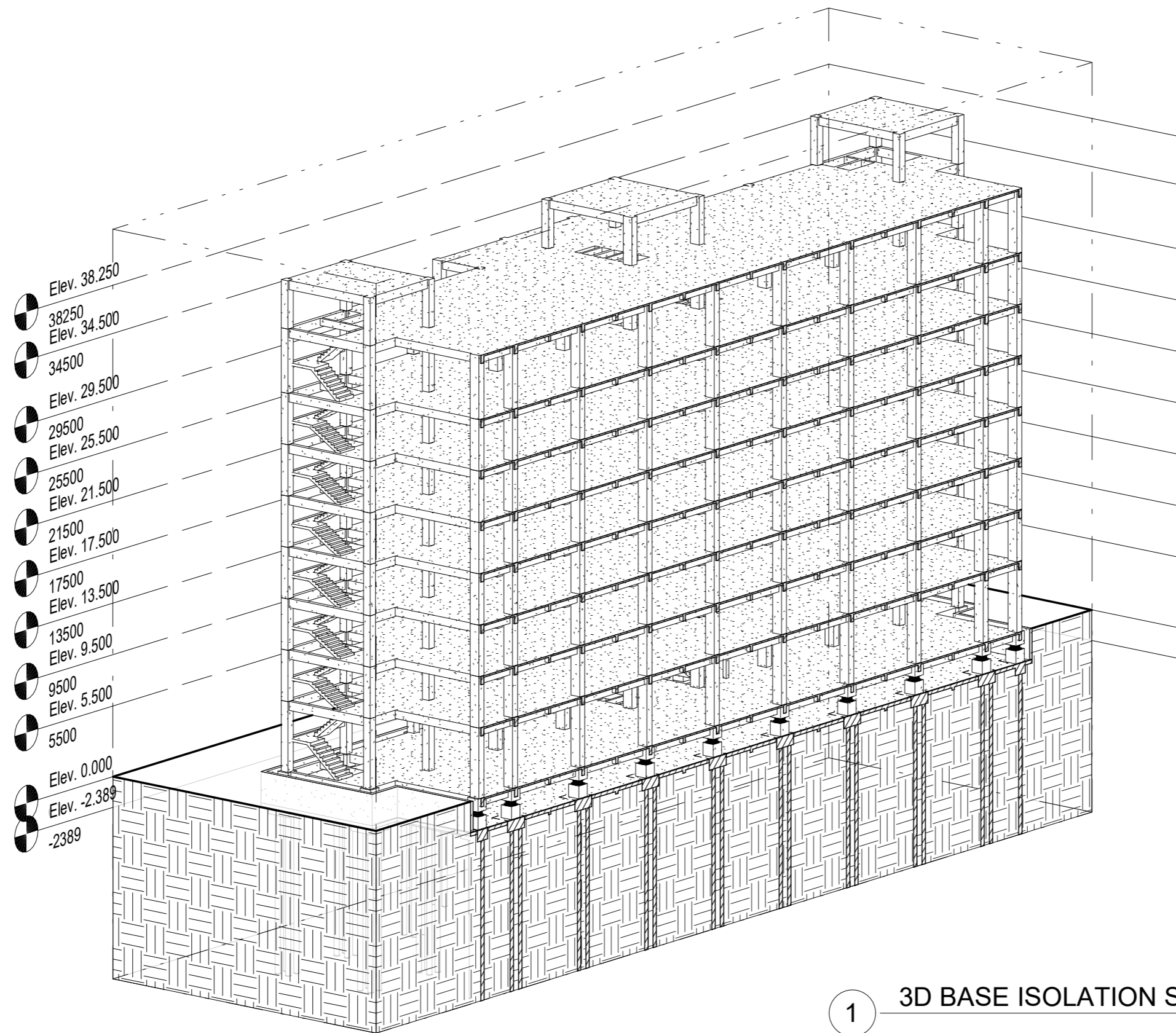
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

3D

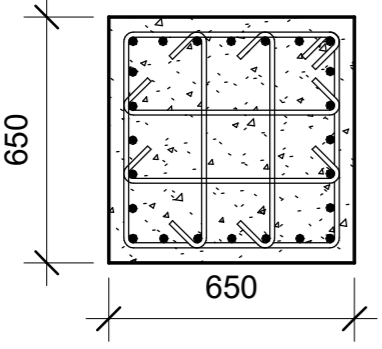
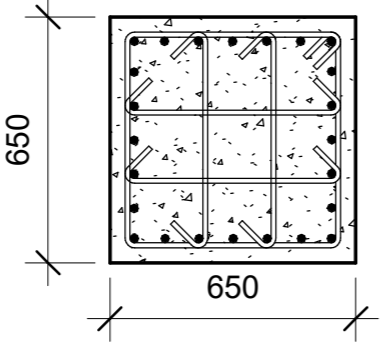
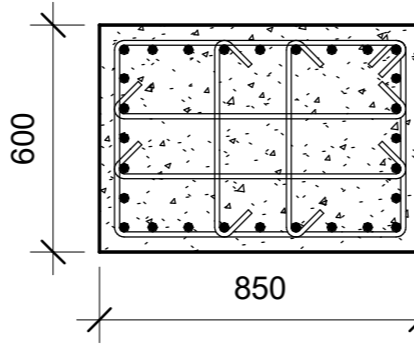
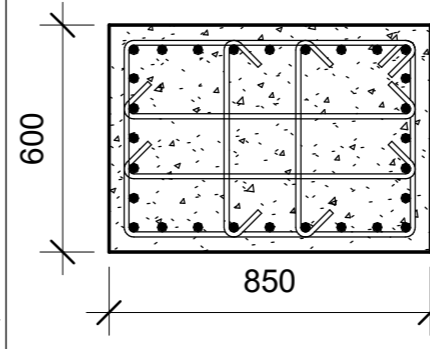
Catatan :

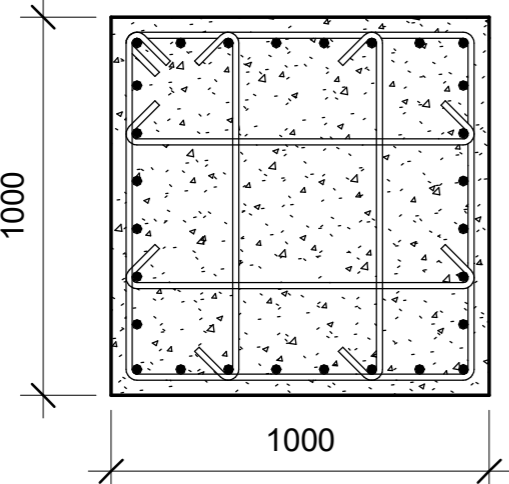
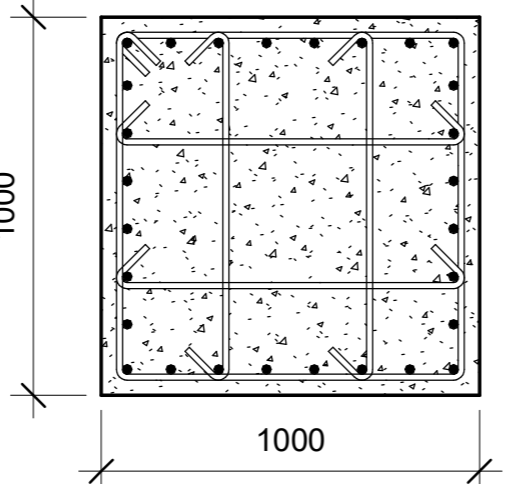
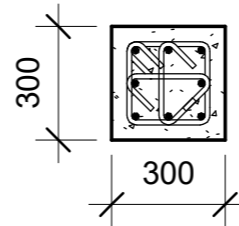
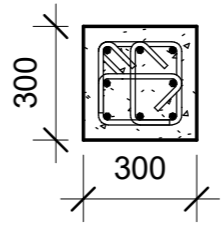


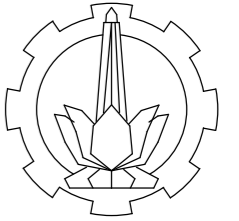
1 3D BASE ISOLATION SYSTEM

NOMOR	JUMLAH
S71	77

KOLOM

	K1 60/60		K2 60/85	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
TUL. UTAMA	24D22	24D22	28D22	28D22
SENGKANG	4D13-120	4D13-130	4D13-150	4D13-150

	K3 100/100		K3 100/100	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
				
TUL. UTAMA	28D25	28D25	8D19	8D19
SENGKANG	4D16-120	4D16-150	4D13-100	4D13-150



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

BESTAT

1 : 20

Catatan :

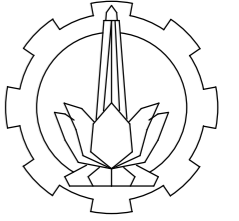
NOMOR

JUMLAH

S72

77

SLOOF & BALOK



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

BESTAT

1 : 20

Catatan :

	B1 35/70		B2 30/65		B3 25/55		B4 20/40	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. ATAS	6D25	2D25	5D25	3D25	4D19	2D19	3D19	3D19
TUL. BAWAH	4D25	4D25	3D25	5D25	2D19	2D19	3D19	3D19
SENGKANG	2D13-150	2D13-250	2D13-130	2D13-200	2Ø10-210	2Ø10-210	2Ø10-120	2Ø10-120
TUL. TORSI	2D13	2D13	2D13	2D13				

	B Bordes 1 30/40		B Bordes 2 20/40		B Lift 30/55		S1 50/80	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. ATAS	5D13	2D13	3D13	2D13	4D19	3D19	4D25	2D25
TUL. BAWAH	3D13	3D13	2D13	2D13	2D19	5D19	2D25	3D25
SENGKANG	2Ø10-180	2Ø10-180	2Ø10-120	2Ø10-120	2Ø10-120	2Ø10-120	2D13-150	2D13-300
TUL. TORSI								

NOMOR

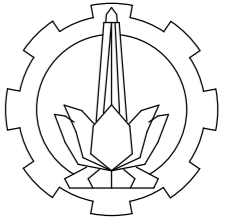
JUMLAH

S73

77

SLOOF & BALOK (LANJUTAN)

	S2 30/50	
	TUMPUAN	LAPANGAN
TUL. ATAS	4D25	2D25
TUL. BAWAH	2D25	4D25
SENGKANG	2D13-250	2D13-250
TUL. TORSI		



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

BESTAT

1 : 20

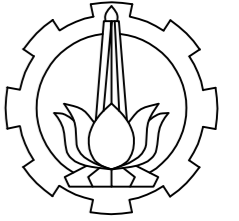
Catatan :

NOMOR

JUMLAH

S74

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
 Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
 Universitas Negeri Malang (UM) dengan
 Menggunakan Base Isolation High
 Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
 NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
 NIP. 19780201 200604 2 002

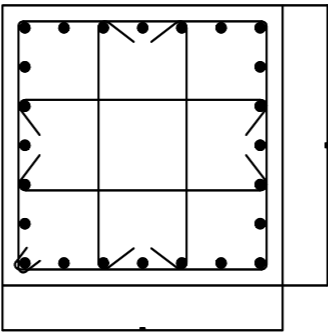
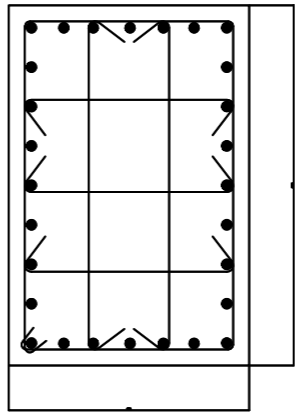
NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
 NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

BESTAT EKSISTING

Catatan :

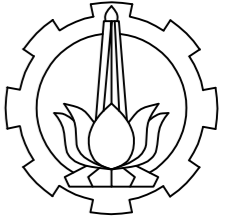
KODE	K1	K2
DETAIL KOLOM EKSISTING		
DIMENSI	700 X 700	600 X 900
TULANGAN POKOK	24 D25	28 D25
SENGKANG ATAS/BAWAH	D13 - 100	D13 - 100
SENGKANG TENGAH	D13 - 150	D13 - 150
JOINT	-	-
	-	-

NOMOR

JUMLAH

S75

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahemad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 10111510000059

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

Catatan :

KODE	B1		B2		
	POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DETAIL PEMBALOKAN EKSISTING					
	DIMENSI	400 X 800	400 x 800	350 X 700	350 X 700
	TULANGAN ATAS	7 D25	3 D25	7 D25	3 D25
	TULANGAN BAWAH	5 D25	5 D25	5 D25	5 D25
	TULANGAN EXTRA	2 D19	2 D19	2 D19	2 D19
	SENGKANG	1.5 D10 – 150	1.5 D10 – 200	D10 – 150	D10 – 200
	SENGKANG EXTRA	ø8-500	ø8-500	-	-

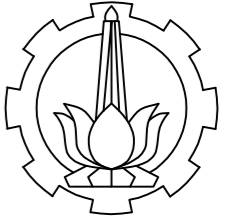
	B3		B4	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	300 X 600	300 X 600	200 x 400	200 x 400
TULANGAN ATAS	4 D22	3 D22	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	3 D22	4 D22	2 D16	2 D16
TULANGAN EXTRA	-	-	-	-
SENGKANG	D10 – 100	D10 – 200	D10 – 100	D10 – 100
SENGKANG EXTRA	-	-	-	-

NOMOR

JUMLAH

S76

77



PROGRAM STUDI DIPLOMA 4
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS AKHIR TERAPAN

Perencanaan Struktur Bangunan Gedung
Fakultas Ilmu Keolahragaan (FIK)
Universitas Negeri Malang (UM) dengan
Menggunakan Base Isolation High
Dumping Rubber Bearing (HDRB)

DOSEN PEMBIMBING 1

Nur Ahmad Husin, ST., MT.
NIP. 19720115 199802 1 001

DOSEN PEMBIMBING 2

Dr. Eng. Yuyun Tajunnisa, ST., MT.
NIP. 19780201 200604 2 002

NAMA MAHASISWA

Dea Fauziah Larasati
NRP. 1011151000059

NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

Catatan :

KODE	S1		S2	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SLOOF EKSISTING				
DIMENSI	500 x 800	500 x 800	300 x 600	300 x 600
TULANGAN ATAS	7 D25	5 D25	4 D22	3 D22
TULANGAN BAWAH	5 D25	7 D25	3 D22	4 D22
TULANGAN EXTRA	6 D16	6 D16	4 D16	4 D16
SENGKANG	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 100	D10 - 150
SENGKANG EXTRA	ø8-500	ø8-500	-	-

NOMOR

JUMLAH

S77

77