



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA
SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS**

**AVITA NURUL HIDAYATI
NRP 10111510000042**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP. 19590209.198603.1.002**

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



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

**PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA
SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS**

**AVITA NURUL HIDAYATI
NRP. 1011151000042**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209.198603.1.002**

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



APPLIED FINAL PROJECT - VC 181819

**CALCULATION OF STRUCTURE DESIGN FOR
OFFICE BUILDING 12 FLOORS IN SURABAYA
CITY WITH EARTHQUAKE LOAD PSHA BASED
ON USGS DATA**

**AVITA NURUL HIDAYATI
NRP. 10111510000042**

**Supervisor
Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP 19590209.198603.1.002**

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

**LEMBAR PENGESAHAN
PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA SURABAYA
DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA
USGS**

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

Surabaya,

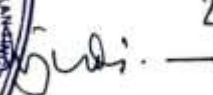
Disusun Oleh :


AVITA NURUL HIDAYATI
NRP. 1011151000042



Pembimbing Tugas Akhir :

29 JUL 2019


Dr. JETEGYUAM WAHYUDI, M.S.
NIP. 19590209 198603 1 002



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

No. Agenda :
44852/IT2.VI.B.1/PP.05.02/20
199

Tanggal : 17 Juli 2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Beban Gempa PSAI Berdasarkan Data USGS		
Nama Mahasiswa	AVITA HURUL HIDAYATI	NIP	10111310000042
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. NIP 19590209 198603 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	-	Tanda tangan	-

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. <i>Terdapat beberapa bagian yang belum sesuai dengan ketentuan 2010/2012 dan PSAI</i>	 Ir. Sunghono, CES NIP 19591130 198601 1 001
2. <i>Perbaikan hasil akhir = perhitungan penulangan kembali</i>	
1. <i>Penambahan, diperjelas pada perhitungan beban gempa → Bab 2, Daftar Riwayat</i>	 Prof. Ir. M. Sigit D, M.Eng.Sc, PhD NIP 19630726 198903 1 003
-	
-	NIP -
-	-
-	NIP -

Persetujuan Hasil Revisi			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Ir. Sunghono, CES NIP 19591130 198601 1 001	 Prof. Ir. M. Sigit D, M.Eng.Sc, PhD NIP 19630726 198903 1 003	-	-
-	NIP -	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjiilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS. NIP 19590209 198603 1 002	-
	-	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS - Jl. Meru 127 Surabaya 60119
 Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938825
 http://www.diploitsesist.its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Anita Nurul Hidayati 2
 NRP : 1 1011510000042 2
 Judul Tugas Akhir : Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Beban Gempa PSA Berdasarkan Data USGS
 Dosen Pembimbing : Bapak Dr. Ir. Dicky Inam Waryudi, M.S

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
1.	15-02-2019	→ Jarak epitelor → Sumbu B dan Jarak Intersumbu → Sumbu M → Uraian jenis magnitude pada msa Sisa bracki → nama x	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	08-03-2019	→ Langkah Hitung Tabak Peride Ulang Gempa B Bangunan → Jampelkan hasil Filter Gempa → Yang dipertukarkan Bangunan → Paper E dan H pengaruh Jangka → Laporan & kesimpulan	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	13-03-2019	→ Yang dalam Grafik baru Tahan → Cara dan hasil Grafik Sisa Lu	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	20-03-2019	→ Bandingkan Amortifikasi baru atau → nama Amortifikasi, Jangka dan Dataran B & Eselva.	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

DKL = Lebih cepat dari jadwal
 B = Sesuai dengan jadwal
 C = Tertunda 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. 031-5947337 Fax. 031-5938025
 http://www.dusunresipi-its.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. Anita Nurul Hikmahati 2
NRP : 1110110000042 2
Judul Tugas Akhir : Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkotaan
 12 Lantai Di Kota Surabaya dengan Beban Gempa
 Pita Berdasarkan Data Utes
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dedy Iman Wahyudi, M.S

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
5	2/5 2019	- Yang dibahas Bth Perencanaan New-mark - Hga - Lunjutan paku Spectrum New-mark - Hga - Yang dibahas Em Sisa - Perencanaan 1976 - 2002 Pneu mutusaka	<i>die</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	11/5 2019	- Perbaiki form gambar dan Coba form gambar Sa Sisa - New-mark - Hga Hga Utes form gambar, jadi ada gambar - Data konkrit gambar Sa - Hga	<i>die</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	30/5 2019	- Revisi di Sa Pneu gambar 2 - Dikembangkan lebih besar lagi	<i>die</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	3/6 2019	- Perbaiki lagi sa gambar Pneu - Ditampilkan grafik Respons Spectrum dan dibuat rapi untuk penyajian - Coba bandingkan Respons Spectrum antara tahun lama Lama. tahun 1976-2002	<i>die</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SM.
 B. = Lebih cepat dari jadwal
 C. = Sesuai dengan jadwal
 K. = Tertinggal dari jadwal



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

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Merit 127 Dutsayura 60118
 Telp. 031-847937 Fax. 031-893805
 http://www.itstec.vokasi.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : I. Aulia Nurul Hidarani : 2
NRP : 10101000042 : 2
Judul Tugas Akhir : Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Beban Gempa PSA Berdasarkan Data SBL
Dosen Pembimbing : Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahandi, M.S

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
				B	C	K
3	17-05-2019	- Buat Perbandingan R.s. Tahan Luncur, jenis Gelang	<i>lie</i>			
		- Sifat di analisis pada Periode dinamis		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- masa jenis & hitungan test				
		- SPPHOM → 1001 → 952		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Jarak Strangemen tanggapan terdapat besar maka luas mawa yang perlu diperbesar				
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	23-05-2019	- Pola rumus ¹⁰ diberi keterangan	<i>lie</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pola beban angin & angin statik				
		- Cara Data pada SBL yang sesuai SBL		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Gambar 6.14 SBL				
		- Koreksi Gelang sesuai SBL pada koreksi rumus		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Yang SBL di mana (test unit koreksi)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

dit.
 B = Lahir capri dan jurnal
 C = Sesuai dengan jurnal
 K = Tidak sesuai dengan jurnal



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

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5847837 Fax. 031-5958025
 http://www.dipr.itstkn.itb.ac.id

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : I. Aqsha Nurul Hikmah 2
 NRP : 1011810000412 2
 Judul Tugas Akhir : "Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Bahan Beton Prca Berdasarkan Data 66 Dosen Pembimbing : Bayan Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M. S.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11	25-05-2019	• Foto perencanaan dilantai 8 Lantai 8 (Kolom dan Balok)	<i>[Signature]</i>			
		• Torsi ditinjau lagi diurut		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Luas beton tumpuan dan ditinjau dikawasan tumpuan				
		• Diperlihatkan balok pengikat itu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	12-06-2019	• Harga bangunan semen marbel lain lagi → Marbel	<i>[Signature]</i>			
		• Seling Laporan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Terlihat detail mendeskripsikan POT				
		• Data harga disusutkan di lamiran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	02-07-2019	• Aksi ke dalam badan TA Baku Pn	<i>[Signature]</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Laku belah yang "Gempa" diguna Indonesia Tora Aksi dan M Kingi Selang				
		• Item Struktur dikawatir belah ke		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Item gempa 4017 belah ditinjau Sili definitif (Ker danus lamiran)				

SEL
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertunda dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. AYA NUR HIDAYATI 2
NRP : 1. 16110100000022 2
Judul Tugas Akhir : Perhitungan Desain Struktur Gelang Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Beban Gempa Plana Berdasarkan Data UGGS
Dosen Pembimbing : Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Widyand, M.S.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
14	11/6/15	- Buat tabel perbedaan antara SRMB SRPM dan SRMK - Perolehan kesimpulan dari hasil yang diteliti - Perancangan pada bangunan (standar Isp)		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		- Diskusi materi Perencanaan - Benaran Baku SRMB & Perencanaan		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

SRM
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertinggal dari jadwal

**PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA SURABAYA
DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA
USGS**

Nama Mahasiswa : Avita Nurul Hidayati
NRP : 1011151000042
Jurusan : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRAK

Gempa merupakan suatu tantangan tersendiri oleh para perencana gedung dalam mendesain sebuah bangunan terutama bangunan gedung tinggi di Indonesia. Sebab, Indonesia merupakan negara yang berada dalam kawasan *Ring of Fire*. Seringkali bangunan gedung masih kuat dalam menerima beban gravitasi namun masih jarang sekali gedung yang mampu bertahan terdapat beban gempa saat terjadinya bencana alam tersebut, sehingga beban gempa pada desain bangunan tidak boleh diabaikan begitu saja terlebih lagi pada kota-kota besar yang memiliki gedung-gedung tinggi.

Saat ini telah adanya peta gempa Indonesia terbaru yakni peta gempa Indonesia 2017. Namun, belum adanya peraturan SNI yang dimutakhirkan, hal ini yang melatarbelakangi penulis untuk menggunakan beban gempa rencana yang dihitung menggunakan Metode PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) pada Kota Surabaya dengan data pengambilan dari laman internasional yakni USGS. Data yang akan diambil yakni riwayat terjadinya gempa pada radius pengaruh 500 km dari Kota Surabaya yang memiliki magnitudo lebih dari 5 skala richter. Perhitungan untuk mendapatkan nilai PGA akan didapatkan dengan cara menentukan faktor Atenuasi dan amplikasi. Dalam kasus ini penulis akan menggunakan fungsi atenuasi Matuscha 1980 dan dapat terbentuk sebuah respons spektra untuk Kota Surabaya dengan metode

PSHA. Sehingga, penulis akan membandingkan desain gedung yang menggunakan SNI 1726-2012 dengan desain gedung menggunakan beban gempa metode PSHA.

Berdasarkan hasil analisa perhitungan, beban gempa desain dengan metode PSHA memiliki nilai S_a sebesar 0,689 g dan dibandingkan dengan nilai S_a pada PUSKIM 2012 didapatkan nilai sebesar 0,607 g. Sehingga pada analisis ini didapatkan bahwa menghitung beban gempa desain dengan metode PSHA lebih besar 4,9% dari beban gempa PUSKIM. Setelah dihitung didapatkan bahwa volume dan berat kedua beban gempa tersebut memiliki selisih 1,29%, sehingga dengan beban gempa desain PSHA akan lebih membutuhkan secara keungan namun akan lebih aman untuk menjadi bangunan lebih tahan gempa.

Kata kunci : PSHA, USGS, Gempa, Fungsi Atenuasi, Radius Pengaruh

***CALCULATION OF STRUCTURE DESIGN FOR OFFICE
BUILDING 12 FLOORS IN SURABAYA CITY WITH
EARTHQUAKE LOAD PSHA BASED ON USGS DATA***

Student's Name : Avita Nurul Hidayati
NRP : 10111510000042
Department : D-IV Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisor : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRACT

The earthquake was a challenge by building planners in designing the main buildings in Indonesia. Cause, Indonesia is a country that is in the Ring of Fire region. The building series is still strong in accepting the burden, there is still one building that is able to withstand the earthquake, so the earthquake load on the design of the building should not be ignored in large cities that have tall buildings.

Lately there has been the latest Indonesian earthquake map on the Indonesian earthquake map 2017. However, because there are no SNI regulations decided because of the earthquake map, this is the background for the author to use earthquakes made using the PSHA Method (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) in the city of Surabaya by retrieving data from the international page that is USGS. The data taken was taken from the example taken by the earthquake at a radius of influence of 500 km from the city of Surabaya which has a greater than 5 Richter scale. The value for obtaining a PGA value will be obtained by determining the attenuation and amplification factors. In this case the writer will use the Matuscha 1980 attenuation function and can form a spectra response for the City of Surabaya using the PSHA method. Comparing, the writer will compare the building design using SNI

1726-2012 with the building design using the PSHA earthquake method.

Based on the results of the assessment, the earthquake load design with the PSHA method has a S_a value of 0.689 g and compared with the S_a value in PUSKIM 2012 obtained a value of 0.607 g. So in this analysis it is necessary to calculate the earthquake with the PSHA method greater than 4.9% of the PUSKIM earthquake load. After being calculated, the volume and weight of the two earthquakes had a difference of 1.29%, so with the earthquake load, the design of the PSHA would require more cash, but it would be safer to be an earthquake resistant building.

Keywords : PSHA, USGS, Earthquake, Attenuation Function, Influence Radius

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, saya diberi kelancaran selama proses dan pengerjaan proposal tugas akhir yang berjudul “Perhitungan Desain Struktur Gedung Perkantoran 12 Lantai di Kota Surabaya dengan Beban Gempa PSHA Berdasarkan Data USGS” dapat selesai tepat waktu. Laporan tugas akhir ini sebagai implementasi ilmu yang telah didapat selama perkuliahan di Program Studi Diploma 4 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, ITS.

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

1. Orang Tua dan kakak saya yang senantiasa mendoakan kelancaran, kesehatan, dan kesuksesan selama ini
2. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S. selaku dosen pembimbing dalam pengerjaan proposal tugas akhir saya
3. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Infrastruktur Sipil yang telah membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan
4. Serta teman-teman saya kelas A angkatan 2015 yang memberi dukungan bagi saya selama ini.

Saya selaku penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan selama penyusunan proposal tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya berharap adanya kritik, saran, dan tanggapan yang membangun untuk kesempurnaan proposal tugas akhir ini. Semoga proposal tugas akhir ini dapat memberika manfaat bagi instansi yang berhubungan dengan penelitian ini, juga bagi pembaca pada khususnya.

Surabaya, Juni 2019

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Data Proyek	7
2.2 Umum.....	8
2.3 Metode PSHA (<i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i>)	11
2.3.1 Definisi PSHA	11
2.3.2 Katalog gempa	11
2.3.3 Parameter kejadian gempa	12
2.3.4 Konversi Magnitude Gempa	12
2.3.5 Perhitungan Jarak Episenter Gempa (E)	13
2.3.6 Perhitungan Hiposenter (H)	14

2.3.7	Fungsi Atenuasi Matuscka (1980)	15
2.3.8	Resiko dan Periode Ulang Kejadian Gempa....	15
2.3.9	Annual Exceedance Rate	16
2.3.10	Faktor Amplifikasi Tanah	16
2.4	Sistem Ganda (<i>Dual System</i>)	17
2.5	Sistem Rangka Pemikul Momen	17
2.6	Dinding Geser (<i>Shearwall</i>).....	18
2.7	Perhitungan Pembebanan	20
2.7.1	Beban Mati	20
2.7.2	Beban Hidup.....	21
2.7.3	Beban Angin.....	21
2.7.4	Beban Gempa	21
2.7.5	Kombinasi Pembebanan	22
2.8	Analisa Gaya Dalam (M,N,D).....	22
2.8.1	Analisa Gaya Dalam Plat.....	22
2.8.2	Analisa Gaya Dalam Balok	22
2.8.3	Analisa Gaya Dalam Kolom.....	22
2.9	Perhitungan Struktur	22
2.9.1	Penulangan Plat	22
2.9.2	Penulangan Tangga.....	23
2.9.3	Penulangan Balok.....	23
2.9.4	Penulangan Kolom	32
2.9.5	Joint Balok-Kolom	36
2.9.6	Perhitungan Shearwall.....	38

2.10	Persyaratan Desain	39
2.10.1	Plat	39
2.10.2	Balok.....	40
2.10.3	Kolom	41
BAB III METODOLOGI		43
3.1	Umum.....	43
3.2	Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir.....	45
3.2.1	Studi Literatur	45
3.2.2	Pengambilan Data	45
3.2.3	Pengolahan Data Gempa.....	45
3.2.4	Analisa Resiko Gempa dengan Fungsi Atenuasi Matuscha.....	46
3.2.5	Mendapatkan Hasil Grafik hazard curve, nilai PGA dan Respond Spectra.....	46
3.2.6	Perhitungan Pembebanan	46
3.2.7	Analisa Gaya Dalam (M,N,D)	46
3.2.8	Perhitungan Struktur	46
3.2.9	Cek Persyaratan	47
3.2.11	Gambar Rencana.....	47
3.2.12	Perhitungan Volume Tulangan	48
BAB IV PEMBUATAN RESPOND SPECTRUM DENGAN METODE PSHA		49
4.1	Pengumpulan Data Gempa	49
4.2	Pengolahan Data Gempa	49
4.2.1	Konversi Skala Magnitude.....	53

4.2.2	Perhitungan Jarak Epicenter Gempa.....	73
4.2.3	Perhitungan Hiposenter	74
4.2.4	Menentukan Nilai Percepatan Tanah (a)	76
4.2.5	Menentukan Garis Regresi	77
4.2.6	Faktor Amplifikasi Tanah.....	80
4.2.7	Penggambaran Respond Spectrum	82
BAB V ANALISA PEMBEBANAN		85
5.1	Beban Gravitasi	85
5.1.1	Beban Mati (DL)	85
5.1.2	Beban Hidup (LL)	88
5.1.2	Beban Air Hujan (R)	89
5.2	Beban Angin (W)	89
5.3	Kombinasi Pembebanan	93
BAB VI ANALISA PERMODELAN		95
6.1	Permodelan Struktur dengan SRPM.....	95
6.1.1	Besaran Massa	95
6.1.2	Pengaruh Arah Gempa.....	96
6.1.3	Modal Analisis dan Ragam Analisis.....	96
6.1.4	Faktor Skala Gaya Beban Gempa.....	96
6.1.5	Kontrol Periode Fundamental SRPM	98
6.2	Permodelan Struktur dengan <i>Dual System</i>	101
6.2.1	Perhitungan Faktor Gaya Beban Gempa	102
6.2.2	Kontrol Periode Fundamental Dual System	103
6.2.3	Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur.	106

6.3	Kontrol Sistem Ganda (<i>Dual System</i>).....	108
6.4	Kontrol Simpangan Antar Lantai.....	110
BAB VII DESAIN STUKTUR SEKUNDER		113
7.1	Perhitungan Struktur Plat Lantai	113
7.1.1	Analisis Sturktur Plat Lantai	113
7.1.2	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Satu Arah	117
7.1.3	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Dua Arah	121
7.2	Desain Stuktur Tangga	124
7.2.1	Permodelan Tangga.....	125
7.2.2	Analisa Stuktur Plat Tangga dan Plat Bordes...126	
7.2.3	Perhitungan Tulangan Plat Tangga.....	126
7.2.4	Perhitungan Tulangan Plat Bordes	128
7.3	Desain Balok Anak	129
7.3.1	Perhitungan pada Tulangan Tumpuan:	131
7.3.2	Perhitungan pada Tulangan Lapangan:.....	132
7.3.3	Perhitungan pada Tulangan Geser:	134
7.3.4	Perhitungan pada Tulangan Torsi:.....	135
7.3.5	Perhitungan Panjang penyaluran :.....	136
7.4	Perhitungan Struktur Balok Penggantung Lift....	138
7.4.1	Data Eksisting Balok Penggantung Lift.....	138
7.4.2	Analisa Struktur Gaya Dalam Balok Lift.....	139
7.4.3	Perhitungan Tulangan Longitudinal.....	139

7.4.4	Perhitungan Tulangan Geser.....	141
7.4.5	Perhitungan Tulangan Torsi	143
7.4.6	Perhitungan Panjang Penyaluran	144
BAB VIII DESAIN STUKTUR PRIMER		147
8.1	Umum.....	147
8.2	Desain Struktur Balok	147
8.2.1	Perhitungan Balok Ukuran 50/80 (Frame B229).	148
8.3	Desain Struktur Kolom.....	172
8.3.1	Data Perencanaan	172
8.3.2	Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa	174
8.3.3	Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur	174
8.3.4	Cek Syarat “Strong Column Weak Beam”	175
8.3.5	Perhitungan Tulangan transversal sebagai Confinement	177
8.3.6	Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e	179
8.3.7	Perhitungan Sambungan Lewatan	183
8.4	Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)	185
8.4.1	Cek Syarat Join.....	185
8.4.2	Menghitung Luas Efektif Join, A_j	185
8.4.3	Hitung Tulangan Transversal untuk <i>Confinement</i>	186
8.4.4	Hitung Gaya Geser pada Join	186

8.4.5	Cek Kuat Geser Join	188
8.5	Perhitungan Dinding Geser	189
8.5.1	Perhitungan Dinding Geser Lantai 1 SW-1 ...	190
BAB IX PERHITUNGAN VOLUME KEBUTUHAN		
TULANGAN.....		207
9.1	Umum	207
9.2	Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Desain dengan Metode PSHA	207
9.3	Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Puskim 2012	207
9.4	Hasil Perbandingan	208
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN		209
10.1	Kesimpulan.....	209
10.2	Saran.....	214
DAFTAR PUSKATA.....		193
BIODATA PENULIS.....		195
UCAPAN TERIMAKASIH		197
Lampiran 1		199
Lampiran 2		200

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 (a) Peta Hazard Sa 0.2s 2% in 50y; (b) Peta Hazard Sa 1s 2% in 50y; (c) Peta Hazard PGA 2% in 100y; (d) Peta Hazard PGA 2% in 100y khusus Pulau Jawa	2
Gambar 1.2 Site Plan Gedung Perkantoran PT Indah Golden Signature.....	4
Gambar 2. 1 Denah Bangunan Lantai 1	7
Gambar 2. 2 (a) Tampak Samping Bangunan, (b) Denah Lantai 1 dan (c) Tampak Depan Bangunan	7
Gambar 2. 3 Perbandingan PGA 2500 tahun Kota Surabaya (Sumber : Dr. M. Asrurifak, 2017)	8
Gambar 2. 4 Perbandingan Respond Spectrum dari Peta Gempa 2012 dan 2017	9
Gambar 2. 5 Letak Epicenter Gempa Utama tahun 1900-2016	10
Gambar 2. 6 Garis hubungan Pusat Bumi dengan Titik-titik yang Ditinjau	13
Gambar 2. 7 Garis Hubungan Antara Episenter, Hiposenter dan Titik yang Ditinjau.....	14
Gambar 2. 8 Mekanisme Keruntuhan Ideal dengan Sendi Plastis pada Ujung-Ujung Balok dan Kaki Kolom	20
Gambar 2. 9 Diagram Regangan-tegangan pada Tulangan rangkap	24
Gambar 2. 10 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	26
Gambar 2. 11 Gaya Geser Desain untuk Balok.....	27
Gambar 2. 12 Gaya Geser Desain untuk Kolom	33
Gambar 2. 13 Gaya Geser Desain untuk Kolom	34
Gambar 3. 1 Bagan Alur Metodologi Pekerjaan Proyek Akhir Terapan.....	44
Gambar 5. 1 Gambar Laman Utama Pencarian Dasar	49
Gambar 5. 2 Tampilan Advance Options pada Laman USGS Earthquake (Sumber : www.earthquake.usgs.gov).....	50
Gambar 5. 3 Contoh Tampilan Awal Excel Output Filter Data USGS (Sumber : www.earthquake.usgs.gov).....	50

Gambar 5. 4 Persebaran Gempa di Titik Bangunan dengan Radius 500 km (Sumber : www.earthquake.usgs.gov).....	52
Gambar 5. 5 Diagram Spektra Rancang untuk Kota Surabaya (7,15 ° LS dan 112,75° BT), Model Atenuasi oleh Matuscka, Faktor Amplifikasi oleh NRC.....	81
Gambar 5. 6 Perbandingan Hasil Respond Spectrum Metode PSHA dengan Puskim 2012	82
Gambar 5. 7 Rekapitulasi Hasil Perbandingan Respond Spectrum dengan Perhitungan PSHA dan PUSKIM 2012	83
Gambar 5. 8 Denah Hoistway	86
Gambar 5. 9 Potongan Hoistway	87
Gambar 5. 10 Pembebanan Balok Elevator	88
Gambar 5. 11 Pengaruh Angin pada Dinding	91
Gambar 6. 1 Permodelan Struktur SRPM pada ETABS 17.0.1	95
Gambar 6. 2 Input <i>Mass Source</i> pada ETABS 17.0.1	96
Gambar 6. 3 Input modal dan ragam analisis ETABS 17.0.1 ...	97
Gambar 6. 4 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X	98
Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y	98
Gambar 6. 6 Permodelan Struktur Bangunan <i>Dual Sytem</i> dengan ETABS 17.0.1	101
Gambar 6. 7 Letak Shearwall.....	102
Gambar 6. 8 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y	103
Gambar 6. 9 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X	103
Gambar 6. 10 Penentuan Simpangan Antar Lantai	111
Gambar 6. 11 Detail Penulangan Balok Primer	171
Gambar 7. 1 Persebaran gempa Magnitude 0-5 Kedalaman 0-70 KM.....	51
Gambar 7. 2 Persebaran gempa Magnitude 0-5 Kedalaman 70-200 KM.....	51
Gambar 7. 3 Ketentuan pada Analisa Plat Lantai	113
Gambar 7. 4 Plat Satu Arah (Plat D).....	117
Gambar 7. 5 Plat Dua Arah (Plat A)	121
Gambar 7. 6 Denah Penempatan Tangga pada lantai 1 pada lantai 2	125
Gambar 7. 7 Denah Tangga	125

Gambar 7. 8	Permodelan Tangga pada ETABS	126
Gambar 7. 9	Denah Balok Anak yang Ditinjau.....	130
Gambar 7. 10	Momen yang Terjadi pada Balok Anak.....	130
Gambar 7. 11	Geser yang Terjadi pada Balok Anak	130
Gambar 7. 12	Torsi yang terjadi pada Balok Anak.....	131
Gambar 7. 13	Diagram Gaya Geser Balok Anak	134
Gambar 7. 14	Penulangan Balok Anak	138
Gambar 7. 15	Gaya Geser pada Balok Penggantung Lift	141
Gambar 7. 16	Detail Penulangan Balok Lift	145
Gambar 8. 1	Portal yang Ditinjau , (a) Portal pada bidang X-Z @Y = 25,717 m; (b) Portal pada Bidang Y-Z @ X = 18,011 m	147
Gambar 8. 2	Balok yang Ditinjau dalam Perhitungan Balok Induk.....	148
Gambar 8. 3	Gaya Aksial yang didapatkan dari ETABS 17.0.1	149
Gambar 8. 4	Gaya Torsi yang didapatkan dari ETABS 17.0.1	149
Gambar 8. 5	Gaya Geser yang didapatkan dari ETABS 17.0.1	150
Gambar 8. 6	Gaya Momen yang didapatkan dari ETABS 17.0.1	150
Gambar 8. 7	Gaya Geser pada Balok yang Ditinjau dari ETABS 17.0.1	161
Gambar 8. 8	Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri.....	162
Gambar 8. 9	Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri.....	163
Gambar 8. 10	Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan	172
Gambar 8. 11	Gaya Aksial yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1	173
Gambar 8. 12	Gaya Mx yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1	173
Gambar 8. 13	Gaya My yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1	173
Gambar 8. 14	Gaya Geser yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1	173
Gambar 8. 15	Diagram Interaksi P-M pada program pcaColumn	174
Gambar 8. 16	Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColumn.....	175

Gambar 8. 17	Gaya Aksial yang terjadi pada Kolom Atas	176
Gambar 8. 18	Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah.....	177
Gambar 8. 19	Detail Penulangan Kolom 55/80	184
Gambar 8. 20	Join yang akan ditinjau dalam Hubungan Balok-Kolom.....	185
Gambar 8. 21	Gaya Pada Hubungan Balok-Kolom	188
Gambar 8. 22	Detail Penulangan pada Join Balok-Kolom	189
Gambar 8. 23	Shearwall-1 yang Akan Ditinjau	189
Gambar 8. 24	Diagram Interaksi P-M Dinding Geser pada Program SPColumn	197
Gambar 8. 25	Detail Penulangan Dinding Geser Lantai satu..	205

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi Konversi untuk Beberapa skala Magnitudo untuk Wilayah Indonesia	13
Tabel 2. 2 Nilai Faktor Amplifikasi Spectra menurut NRC	17
Tabel 2. 3 Panjang penyaluran Batang Ulir dan Kawat	29
Tabel 4. 1 Korelasi Konversi untuk Beberapa skala Magnitudo untuk Wilayah Indonesia	53
Tabel 4. 2 Rekapitulasi nilai a berbagai jenis atenuasi	77
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Percepatan Rancang	79
Tabel 4. 4 Faktor Amplifikasi yang Direkomendasikan NRC	80
Tabel 4. 5 Hasil PGA Atenuasi Matuscka yang Telah Dipengaruhi Faktor Amplifikasi	80
Tabel 5. 1 Spesifikasi Elevator	86
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Beban Angin	92
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin	92
Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x ..	99
Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung	99
Tabel 6. 3 Modal Load Participation Ratio	100
Tabel 6. 4 Perioda Struktur pada Modal di Program ETABS 17.0.1 untuk 10 Mode pertama	100
Tabel 6. 5 Nilai Parameter Perioda Pendekatan, C_t dan x 104	
Tabel 6. 6 Koefisien Batas Atas Perioda Stuktur	104
Tabel 6. 7 Modal Load Participation Ratio	105
Tabel 6. 8 Perioda Struktur terhadap 5 Mode Pertama	105
Tabel 6. 9 Rekapitulasi Nilai C_s	107
Tabel 6. 10 Berat Struktur yang didapatkan dari base reaction	107
Tabel 6. 11 Base Reaction untuk Gaya Geser Gempa	108

Tabel 6. 12 Rekapitulasi besar gaya yang ditumpu oleh SRPM dan Shearwall	109
Tabel 6. 13 Rekapitulasi Presentasi Struktur dalam Menahan Gaya Gempa	110
Tabel 6. 14 Simpangan Ijin Antar Lantai, Δ_i	111
Tabel 6. 15 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X.....	112
Tabel 6. 16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y	112
Tabel 7. 1 Rekapitulasi Jenis Plat	115
Tabel 7. 2 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen menurut Tabel PBI.....	115
Tabel 7. 3 Tabel Perbandingan Hasil Momen pada Plat Lantai.....	116
Tabel 7. 4 Tabel Kebutuhan Tulangan Plat D.....	120
Tabel 7. 5 Tabel Kebutuhan Tulangan Plat A.....	124
Tabel 8. 1 Tabel Gaya Akibat Gaya Gempa	150
Tabel 8. 2 Cek Nilai V_{sway} dan V_u	163
Tabel 8. 3 Gaya Dalam Pier Force dari Output ETABS ..	190
Tabel 8. 4 Hasil Control Points Arah X dari Program SPColumn.....	200
Tabel 8. 5 Hasil Control Points Arah Y dari Program SPColumn.....	201
Tabel 9. 1 Rekapitulasi Berat Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa PSHA	207
Tabel 9. 2 Rekapitulasi Berat Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Desain PUSKIM 2012	208
Tabel 10. 1 Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PSHA.....	209
Tabel 10. 2 Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Darurat Beban Gempa PSHA	209

Tabel 10. 3 Tabel Kesimpulan Tulangan Plat Satu Arah Beban Gempa PSHA	210
Tabel 10. 4 Tabel Kesimpulan Tulangan Plat Dua Arah Beban Gempa PSHA	210
Tabel 10. 5 Tabel Kesimpulan Tulangan Balok Sekunder Beban Gempa PSHA	210
Tabel 10. 6 Tabel Kesimpulan Tulangan Balok Induk Beban Gempa PSHA	211
Tabel 10. 7 Tabel Kesimpulan Tulangan Kolom Beban Gempa PSHA	211
Tabel 10. 8 Tabel Kesimpulan Tulangan HBK Beban Gempa PSHA	211
Tabel 10. 9 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PUSKIM 2012.....	212
Tabel 10. 10 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PUSKIM 2012.....	212
Tabel 10. 11 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Lantai Satu Arah Beban Gempa PUSKIM 2012	212
Tabel 10. 12 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Lantai Dua Arah Beban Gempa PUSKIM 2012	212
Tabel 10. 13 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Sekunder Beban Gempa PUSKIM 2012	213
Tabel 10. 14 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Primer Beban Gempa PUSKIM 2012	213
Tabel 10. 15 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Kolom Beban Gempa PUSKIM 2012	213
Tabel 10. 16 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan HBK Gempa PUSKIM 2012	214

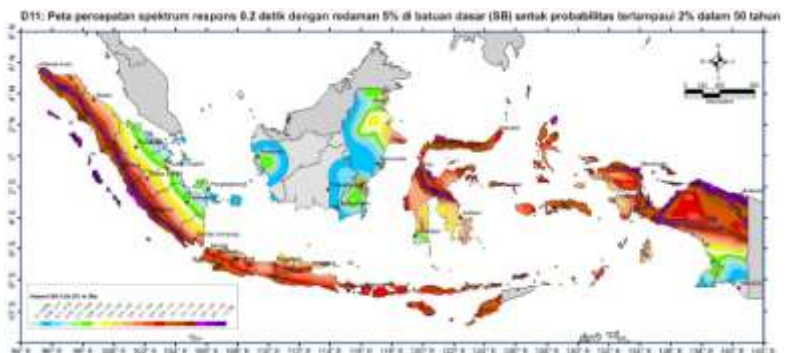
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah yang berada pada zona resiko gempa yang tinggi. Gempa bumi merupakan salah satu penyebab penambahan beban pada bangunan terutama dibidang Teknik sipil. Bangunan dalam sehari-harinya dapat menerima beban gravitasi serta beban angin, namun seringkali gagal dalam menerima beban gempa saat terjadinya gempa bumi. Sehingga infrastruktur yang ada di Indonesia sendiri perlu didesain dengan menggunakan beban gempa desain.

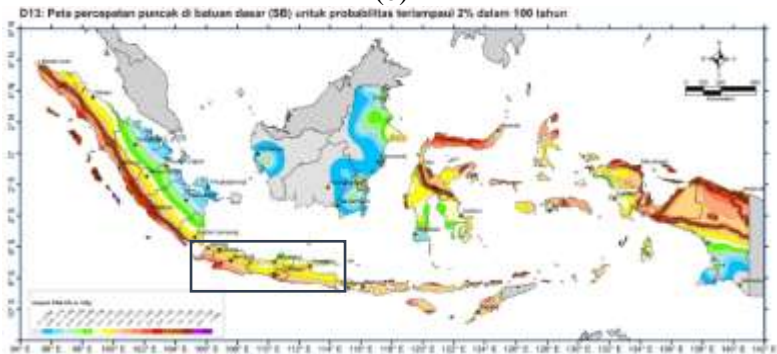
Untuk merencanakan beban gempa desain bangunan gedung di Indonesia, saat ini sudah adanya peta gempa Indonesia tahun 2017 dimana dekat Surabaya terdapat sesar kendeng yang terdeksi pada peta 2017 dan belum terdeteksi saat peta gempa 2010, sehingga pasti adanya penambahan beban gempa pada wilayah yang berada di dekat sesar kendeng tersebut yang membuat hasil dari spektrum respons antara peta gempa 2010 dan 2017 berbeda. Hal tersebut didukung dengan peta hazard 2017 pada gambar 1.1 berikut.



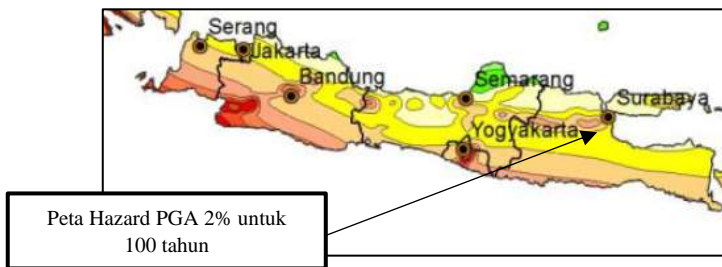
(a)



(b)



(c)



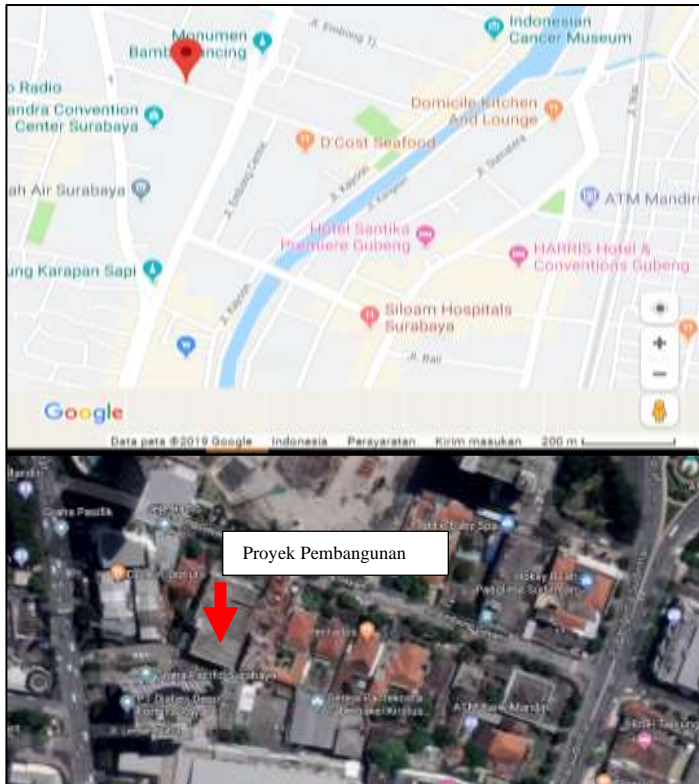
(d)

Gambar 1. 1 (a) Peta Hazard S_a 0.2s 2% in 50y; (b) Peta Hazard S_a 1s 2% in 50y; (c) Peta Hazard PGA 2% in 100y; (d) Peta Hazard PGA 2% in 100y khusus Pulau Jawa

Namun, adanya perubahan beban gempa desain tersebut belum diikuti oleh SNI yang definitif untuk mengimplementasikan beban gempa desain pada infrastruktur sipil. Hal ini tidak lantas membuat penulis dengan langsung menggunakan beban gempa desain berdasarkan peta gempa 2017 ataupun tetap menggunakan beban gempa desain berdasarkan peta gempa 2010.

Sehingga, penulis memiliki gagasan untuk mendapatkan beban gempa rencana desain yang dihitung dengan menggunakan pendekatan untuk menghasilkan spektrum respons yakni menggunakan metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*) dengan mempertimbangkan koefisien atenuasi dan amplifikasi terhadap wilayah Surabaya. Metode ini telah digunakan oleh beberapa peneliti untuk menganalisis *hazard* gempa pada beberapa pulau atau wilayah tertentu di Indonesia. Metode PSHA ini hanya memiliki satu sumber riwayat gempa yang akan didapatkan dari laman USGS (*United States Geological Survey*) yang mana telah menyediakan seluruh peristiwa gempa di dunia dengan kurun waktu dari tahun 1879 sampai saat ini. Pada akhirnya, akan didapatkan perbandingan spektrum respons antara metode PSHA, peta gempa 2010 dan peta gempa 2017.

Pada bangunan yang akan menjadi objek tugas akhir ini telah menggunakan *duals systems* sebagai sistem bangunan yang digunakan berdasarkan SNI 2847-2013. Gedung ini berada di jalan Embong gayam no 18, Surabaya dengan beban gempa metode PSHA. Gedung tersebut dibangun diantara Graha Pasifik dan rempat makan pentados. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 1.2 dibawah ini.



Gambar 1.2 Site Plan Gedung Perkantoran PT Indah Golden Signature

Diharapkan dengan desain menggunakan metode PSHA ini akan memberikan manfaat bagi keamanan struktur bangunan serta dapat menjadi acuan dalam desain bangunan tahan gempa di kawasan Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mendapatkan grafik respons spektrum dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) pada Kota Surabaya?
2. Bagaimana menghitung gaya-gaya dalam struktur yang meliputi: kolom, balok, joint balok-kolom, dan shearwall agar memenuhi syarat sebagai SRPMK pada kedua jenis beban gempa?
3. Bagaimana perbandingan hasil volume material dengan input beban gempa menggunakan metode PSHA dan PUSKIM 2012?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat membuat grafik respons spektrum dengan menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) pada Kota Surabaya.
2. Mampu menghitung gaya-gaya dalam struktur yang meliputi: kolom, balok, joint balok-kolom, dan shearwall agar memenuhi syarat sebagai SRPMK pada kedua jenis beban gempa.
3. Mampu merbandingkan hasil volume material dengan input beban gempa menggunakan metode PSHA dan PUSKIM 2012.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Desain bangunan kantor berlokasi di Surabaya
2. Hanya menghitung bangunan atas
3. Beban gempa yang akan dibandingkan yakni beban gempa PSHA dengan beban gempa SNI-

1726-2012 dengan acuan desain struktur beton menggunakan SNI-2847-2013

4. Tidak akan menghitung mengenai RAB
5. Tidak memperhitungkan teknis pelaksanaan pembangunan
6. Tidak memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing dan hal yang bersifat arsitektural lainnya.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pembaca dapat menambah wawasan mengenai beban gempa dengan metode PSHA pada beban gempa
2. Memberi referensi mengenai rancangan bangunan menggunakan *dual systems*

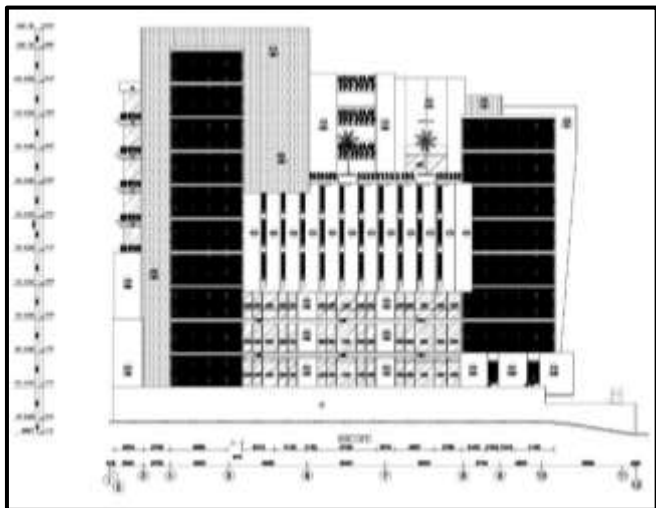
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Data Proyek

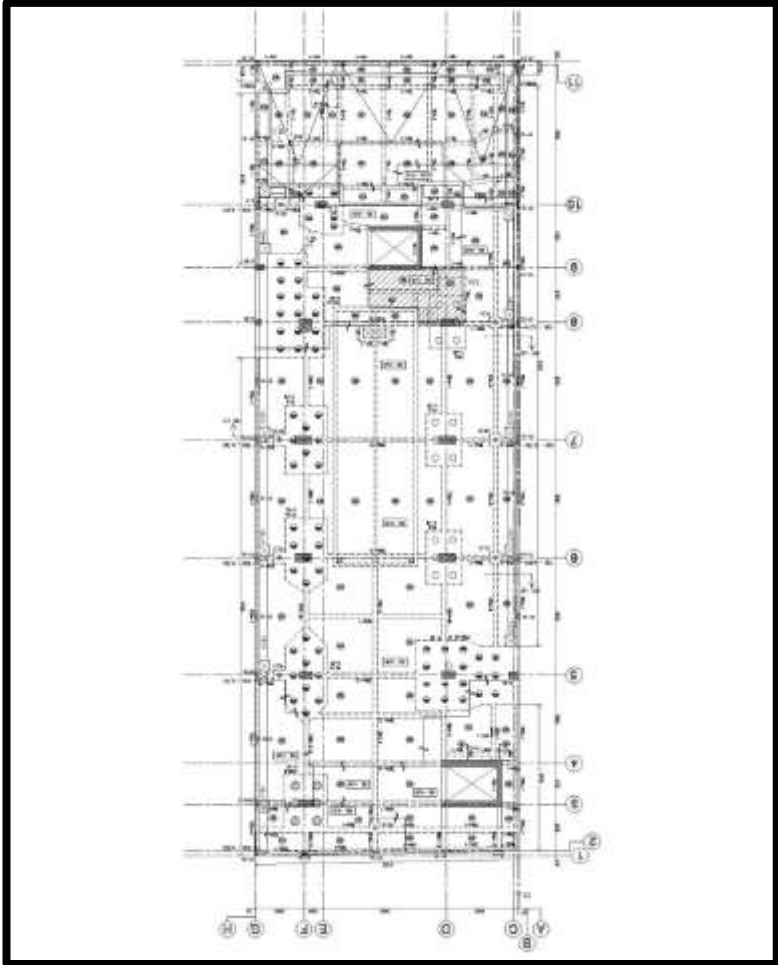
Data proyek untuk Tugas Akhir desain gedung perkantoran dengan beban gempa menggunakan metode PSHA ini sebagai berikut :

Nama : Gedung Perkantoran PT Indah Golden Signature
Alamat Proyek : Jalan Embong Gayam No. 18, Genteng, Surabaya.
Pemilik Proyek : PT Indah Golden Signature
Konsultan : Arsindo.net
Kontraktor : PT Waringin Megah
Struktur Atap : Rangka Atap
Struktur Bangunan : Beton Bertulang

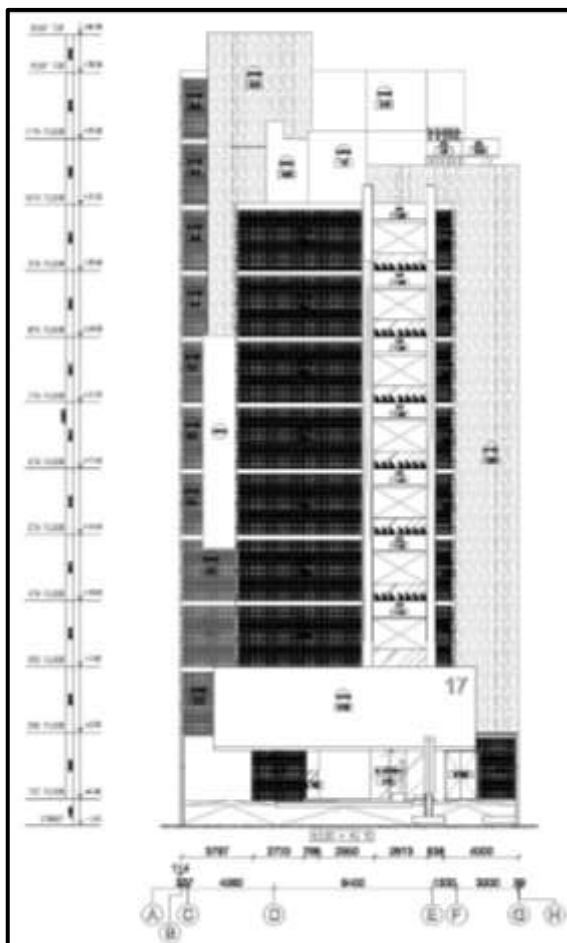
Berikut ini merupakan denah bangunan perkantoran PT Indah golden Signature:



(a)



(b)

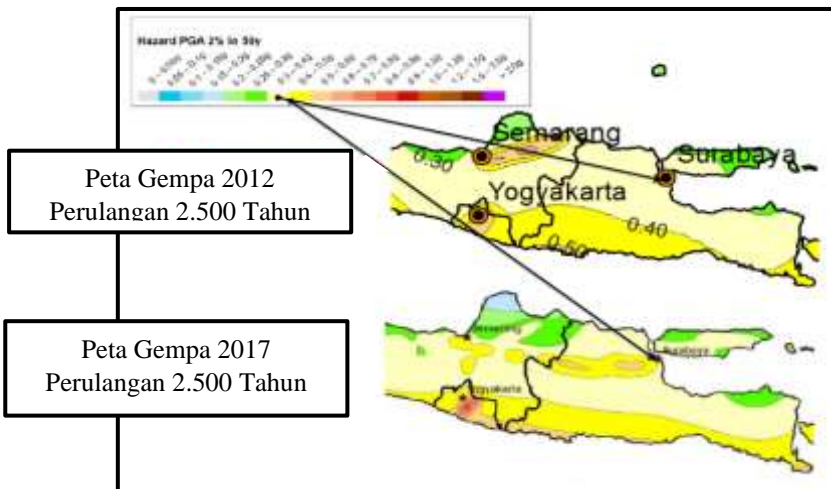


(c)

Gambar 2. 2 (a) Tampak Samping Bangunan, (b) Denah Lantai 1 dan (c) Tampak Depan Bangunan
(Sumber : Proyek IGS Surabaya)

2.2 Umum

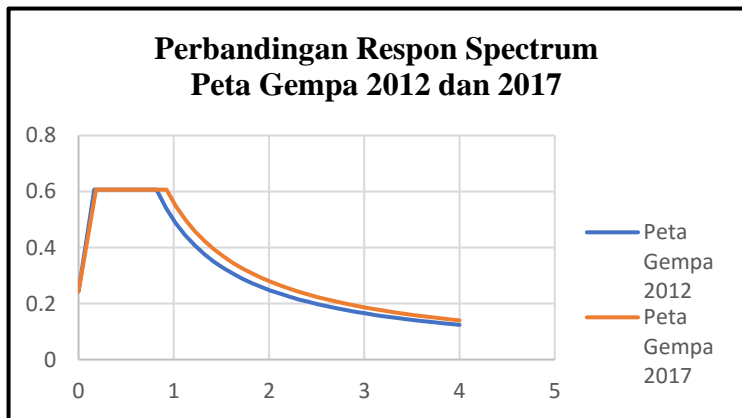
Gempa bumi merupakan suatu getaran yang terjadi di permukaan bumi. Gempa bumi dapat ditimbulkan oleh pengaruh kegiatan tektonik atau biasa disebut dengan gempa tektonik, dan karena pengaruh aktivitas magma didalam bumi atau biasa disebut dengan gempa vulkanik. Kejadian gempa bumi berlangsung sangat singkat dengan kekuatan gempa tertentu, waktu tertentu, dan tidak diduga-duga datangnya. Dengan sifat gempa bumi yang demikian maka setiap daerah yang ditinjau akan diperoleh data yang berbeda-beda, baik ditinjau dari segi waktu dan tempatnya. Kekuatan gempa yang dirasakan berupa percepatan gempa di permukaan (*Peak Ground Acceleration/PGA*).



Gambar 2. 3 Perbandingan PGA 2500 tahun Kota Surabaya
(Sumber : Dr. M. Asrurifak, 2017)

Dalam kenyataannya, peraturan gempa semakin kompleks seiring perkembangan pengetahuan manusia tentang kegempaan yang telah dipelajari dari setiap

peristiwa gempa yang terjadi. Dalam perencanaan terhadap struktur yang terletak pada daerah yang memiliki intensitas gempa yang tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur. Hal ini dikarenakan beban gempa ini sangat mempengaruhi dalam perencanaan struktur. Berikut merupakan hasil PGA dari peta gempa 2012 dan peta gempa 2017 pada kota Surabaya.



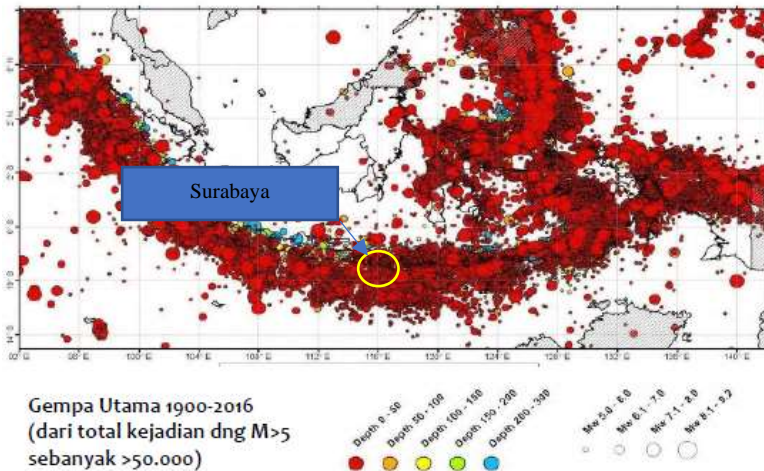
Gambar 2. 4 Perbandingan Respond Spectrum dari Peta Gempa 2012 dan 2017
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Oleh karena itu, dengan adanya perbedaan dan penambahan komponen desain respon spectrum, S_a , yang dihasilkan dari peta gempa 2012 dengan peta gempa 2017. Disisi lain, untuk peta gempa 2012 sudah memiliki pedoman perhitungan sendiri dengan SNI 1726-2012 untuk perhitungan gempa. Namun, untuk peta gempa 2017 belum adanya SNI terbaru yang menjadi pedoman karena adanya kenaikan PGA yang ada. Oleh karena itu, penulis akan menjadikan hal ini sebagai tema tugas akhir

dalam mendesain bangunan karena penambahan beban gempa dengan metode pendekatan yang sudah valid yakni metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis dalam mendesain bangunan gedung di Kota Surabaya.

Gempa bumi merupakan getaran yang terjadi di permukaan bumi. Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan sembilan lempeng kecil lainnya saling bertemu di wilayah Indonesia dan membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng. Keberadaan interaksi antar lempeng-lempeng ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi.

EPICENTER GEMPA INDONESIA



Gambar 2. 5 Letak Epicenter Gempa Utama tahun 1900-2016
(Sumber : PusGen, 2017)

pencatatan dimana dalam rentang waktu 1900-awal 2016 terdapat lebih dari 5000 kejadian gempa dengan magnituda $M > 5.0$ untuk seluruh wilayah Indonesia sendiri.

2.3 Metode PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*)

2.3.1 Definisi PSHA

PSHA yang merupakan bagian dari SHA (*Seismic Hazard Analysis*) lebih sering digunakan karena mempertimbangkan sejumlah permodelan untuk dijadikan sebagai pembandingan dan barulah kemudian diolah dengan pendekatan probabilistik. Pendekatan probabilistik ditujukan agar diperoleh hasil yang dapat mendekati dengan gambaran dan kondisi daerah yang ditinjau dalam studi.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh M. Asrurifak pada jurnalnya yang berjudul “*Development of Spectral Hazard Map for Indonesia with Return Period of 2500 Years using Probabilistic Method*” bahwa Metode PSHA telah dikembangkan oleh Cornell (1968), yang kemudian dilanjutkan oleh Merz dan Cornell (1973) terus digunakan hingga sekarang dan terus dikembangkan oleh *Committee on Seismic Risk* (1989) dengan memiliki empat tahap, yaitu:

- a) identifikasi sumber gempa
- b) karakterisasi sumber gempa,
- c) pemilihan fungsi atenuasi, dan
- d) perhitungan *hazard* gempa. Teori ini mengasumsikan magnituda gempa (M) dan jarak (R) sebagai variabel acak independen yang menerus.

2.3.2 Katalog gempa

Dalam membuat model statistik probabilitas dari suatu sumber gempa diperlukan **Katalog Gempa** dan **Data Seismogenic**. Data kejadian gempa historik yang pernah terjadi di wilayah Indonesia dan sekitarnya dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti halnya dari *Nasional Earthquake Information Center U.S. Geological Survey (NEIC-USGS)*.

2.3.3 Parameter kejadian gempa

Dengan memperoleh rekaman data gempa disuatu lokasi, maka resiko tercapai atau terlampauinya intensitas suatu pergerakan tanah setempat dapat diperkirakan melalui penerapan perumusan – perumusan matematika statistik. Perhitungan resiko gempa dilakukan dengan dasar informasi kegempaan dari suatu daerah. Informasi tersebut dapat berupa:

1. Pencatatan gempa yang pernah ada pada lokasi tersebut,
2. Sejarah kejadian gempa pada daerah sekitar lokasi.

Dalam melakukan analisa bencana kegempaan diperlukan suatu model perulangan (reccurence model) atau frekuensi suatu gempa dengan magnitudo yang bervariasi. Kemudian dengan menggunakan model kemunculan gempa (Earthquake Occurence Model) yang dicetuskan oleh sejumlah ahli dan peneliti digunakan untuk memperkirakan besarnya risiko kemunculan suatu kejadian gempa pada suatu periode perulangan tertentu. Model kejadian gempa untuk menentukan PGA pada kali ini menggunakan fungsi Atenuasi Matuscha.

2.3.4 Konversi Magnitude Gempa

Data yang digunakan dalam perhitungan hazard gempa diperlukan sebuah komponen berupa magnitudo. Namun dalam katalog gempa yang berada di USGS terdapat beberapa ukuran Magnitudo momen merupakan magnitudo yang konsisten dalam menunjukkan besar kekuatan gempa. Berikut merupakan korelasi konversi yang dapat digunakan :

Tabel 2. 1 Korelasi Konversi untuk Beberapa skala Magnitudo untuk Wilayah Indonesia
(Sumber : Irsyam dkk, 2010)

No	Korelasi Konversi
1	$M_w = 0.143 M_s^2 - 1.05 M_s + 7.285$
2	$M_w = 0.114 M_b^2 - 0.556 M_b + 5.560$
3	$M_w = 0.787 M_E - 1.537$
4	$m_b = 0.125 M_L - 0.389 M_L - 3.513$
5	$M_L = 0.717 M_D + 1.003$

Keterangan :

M_s = *surface wave magnitude*

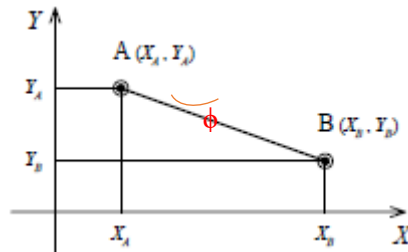
M_L = *richter local magnitude*

M_B = *body wave magnitude serta momen magnitude*

M_w = *magnitude momen*

2.3.5 Perhitungan Jarak Episenter Gempa (E)

Untuk Perhitungan jarak epicenter gempa dihitung dengan menggunakan perumusan haversine yang diusulkan oleh Sinnott dengan permodelan yang lebih sederhana sebagai berikut :

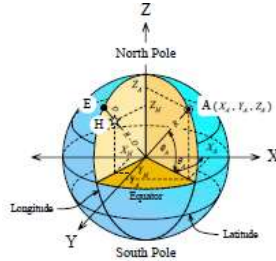


Gambar 2. 6 Garis hubungan Pusat Bumi dengan Titik-titik yang Ditinjau

$$E = \sqrt{((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)} \times 111,1305$$

2.3.6 Perhitungan Hiposenter (H)

Untuk menghitung jarak hiposenter (titik kejadian gempa bumi di focus bagian dalam bumi) dengan lokasi struktur yang dihitung dengan teorima Pythagoras :



$$H = \sqrt{((X_H - X_A)^2 + (Y_H - Y_A)^2 + ((Z_H - Z_A)^2)}$$

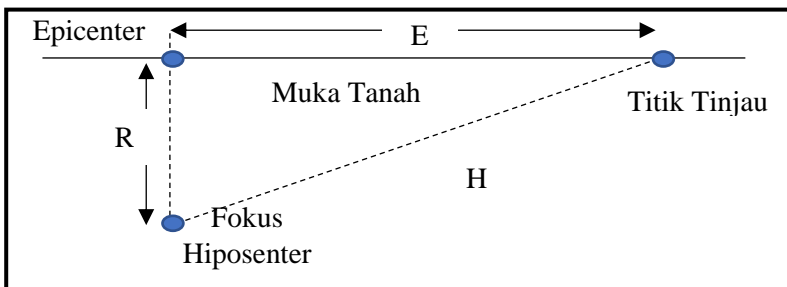
Keterangan:

H = Jarak Hiposenter ke titik yang tinjau

E = Jarak dari episenter ke titik lokasi yang ditinjau

R = Jarak Hiposenter ke muka tanah

Dapat pula hubungan berikut digambarkan sebagai gambar berikut :



Gambar 2. 7 Garis Hubungan Antara Episenter, Hiposenter dan Titik yang Ditinjau

2.3.7 Fungsi Atenuasi Matuscka (1980)

Fungsi atenuasi adalah suatu fungsi yang menggambarkan adanya korelasi tentang intensitas gerakan tanah dengan magnitudo serta jarak suatu titik yang ditinjau dengan jarak sumber gempa dengan radius tertentu. Banyak ahli terdahulu yang telah ditunjuk oleh beberapa ahli, namun di Indonesia belum terdapat rumusan pasti tentang persamaan atenuasi. Oleh karena itu, fungsi atenuasi yang digunakan nantinya akan mengadopsi dari persamaan atenuasi yang telah digunakan oleh peneliti-peneliti sebelumnya.

Berikut rumusan atenuasi yang akan digunakan pada sudi ini dari matuscha 1980:

$$a = 119.e^{(0.81.M)}.(H+25)^{-1.15}$$

Keterangan :

a = Percepatan Gempa (cm/dt²)

e = Bilangan Natural

M = Besar gempa menurut skala richter

H = Jarak Hyposenter (km)

Dari persamaan perumusan diatas dipilih untuk dilakukan perbandingan keakuratan serta kesesuaiannya dengan daerah setempat mengingat Indonesia belum ada persamaan atenuasi yang mewakili sehingga digunakanlah persamaan tersebut.

2.3.8 Resiko dan Periode Ulang Kejadian Gempa

Besarnya resiko gempa untuk suatu periode ulang tertentu selama usia bangunan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_N = 1-(1-R_A)^t$$

Dimana :

- Resiko gempa (RN) merupakan kemungkinan terjadinya gempa dalam periode dan dalam usia layanan bangunan tertentu
- Resiko tahunan (RA) adalah kemungkinan kejadian gempa dengan intensitas tertentu setiap tahunnya
 $R_A = 1/T$
- t adalah umur rencana bangunan

2.3.9 Annual Exceedance Rate

Dengan menggunakan rumusan distribusi eksponensial dimana selama masa manfaat bangunan akan terjadi minimal satu kali gempa dengan periode ulang tersebut, maka dapat ditentukan hubungan matematika sebagai berikut :

$$\Pr (T < t) = 1 - e^{(-N \cdot T)}$$

Dimana :

- $\Pr (T < t)$ = probabilitas terjadinya gempa dengan periode ulang T selama waktu t
- N = Annual Exceedance Rate

2.3.10 Faktor Amplifikasi Tanah

Harga percepatan tanah yang telah dihitung dengan menggunakan fungsi atenuasi belumlah mengalami pengaruh atau faktor amplifikasi tanah. Pada perhitungan ini dibutuhkan dalam penggambaran kertas *tripartite* dengan dikalikan dengan faktor amplifikasi tanah pada titik-titik kontrolnya. Maka berikut merupakan nilai faktor amplifikasi yang bersumber dari U.S – Nuclear Regulatory Commission (NRC).

Tabel 2. 2 Nilai Faktor Amplifikasi Spectra menurut NRC

% Red. Kritik	Faktor Amplifikasi			
	Percepatan			Perpindahan
	A = 33 Hz	B = 9 Hz	C = 2,5 Hz	D = 0,25 Hz
0,5	1,0	4,96	5,95	3,20
2,0	1,0	3,54	4,25	2,50
5,0	1,0	2,61	3,13	2,05
10,0	1,0	1,90	2,28	1,70

2.4 Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem Ganda merupakan sebuah sistem struktur dengan rangka pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser dengan rangka pemikul momen yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan. Pada SNI 03-1726-2012 Tabel 9, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa yang ditetapkan dengan dinding geser bertulang khusus memiliki nilai Koefisien Modifikasi Respons (R) = 7; Faktor Kuat-Lebih Sistem (Ω) = 2,5; dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.

2.5 Sistem Rangka Pemikul Momen

Dalam tugas akhir desain struktur gedung perkuliahan ini, direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen yang dimana terdapat 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen yakni:

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)
Pada SRPMB, struktur direncanakan tidak terjadi sendi plastis pada balok ketika terjadi gempa. Pada SRPMB tidak ada detailing khusus pada elemen-elemen struktur. Karena memiliki daktilitas terbatas, sehingga hanya cocok digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal KDS B.

- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
Pada SRPMM, struktur direncanakan terbentuk sendi plastis pada saat terjadi gempa namun bangunan diharapkan sudah runtuh atau gagal sebelum semua sendi plastis terjadi. Pada
- SRPMM sudah mulai ada detailing khusus untuk elemenelemen struktur. Karena memiliki daktilitas sedang, maka dapat digunakan pada bangunan yang memiliki maksimal KDS C.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
Pada SRPMK, struktur direncanakan terbentuk sendi plastis pada seluruh balok pemikul gempa sebelum terjadi keruntuhan. Pada SRPMK memiliki detailing yang lebih ketat pada balok, kolom, dan joint balok-kolom agar mencapai kondisi struktur yang diharapkan. Karena memiliki daktilitas penuh, maka dapat digunakan pada bangunan yang memiliki KDS D, E, dan F.

2.6 Dinding Geser (*Shearwall*)

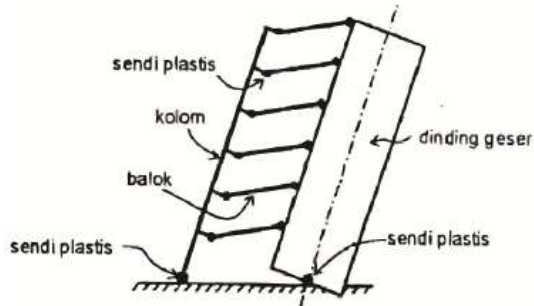
Struktur bangunan dengan dinding geser merupakan salah satu konsep penyelesaian masalah gempa dalam suatu struktur gedung. Dinding geser merupakan suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana yang runtuhnya disebabkan oleh momen lentur (bukan dari gaya geser) dengan terjadinya sendi plastis pada kakinya, dimana nilai momen lelehnya dapat mengalami peningkatan terbatas akibat pengerasan tegangan. Dengan kata lain, dinding geser dapat didefinisikan sebagai suatu sub-struktur yang membantu struktur utama menahan gaya geser yang besar akibat pengaruh gempa yang direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat runtuh akibat terjadinya sendi plastis pada

kakinya dan bukan akibat gaya geser. Pemasangan dinding geser pada struktur utama sebaiknya simetris. Hal ini dilakukan karena apabila pemasangan dinding geser tidak simetris, maka efek yang dapat ditimbulkan adalah terjadinya mode rotasi pada mode-mode awal struktur yang berbahaya bagi keamanan dan kenyamanan pengguna gedung.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dinding geser adalah bahwa dinding geser tidak boleh runtuh akibat gaya geser. Hal ini disebabkan fungsi utama dari dinding geser adalah untuk menahan gaya geser yang besar akibat gempa, sedangkan apabila dinding geser tersebut runtuh akibat gaya geser itu sendiri, maka keseluruhan struktur akan ikut runtuh dikarenakan tidak ada lagi yang dapat menahan gaya geser tersebut. Dinding geser hanya boleh runtuh akibat adanya momen plastis yang menyebabkan timbulnya sendi plastis pada bagian kakinya.

Pada dasarnya, *Shearwall* disebut juga Sistem Dinding Struktural yang dikelompokkan sebagai berikut:

1. Dinding Struktural Beton Biasa (SDSB)
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya boleh digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
2. Dinding Struktural Beton Khusus (SDSK)
Sistem dinding struktural yang memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E, dan F.



Gambar 2. 8 Mekanisme Keruntuhan Ideal dengan Sendi Plastis pada Ujung-Ujung Balok dan Kaki Kolom

2.7 Perhitungan Pembebanan

2.7.1 Beban Mati

Menurut SNI 03-1727-2013, 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 layanan terpasang lain termasuk berat keran.

Untuk besaran beban mati menggunakan ASCE 7-2002 Tabel C3-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Berat beton : 23,6 kN/m³ (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “Concrete reinforced: Stone including gravel”)
- Beban keramik + spesi : 1,10 kN/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “Ceramic or quarry tile (19mm) on 25 mm mortar bed”)
- Beban penggantung langit-langit : 0,10 kN/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “Suspended Steel Channel System”)
- Beban plafond : 0,05 kN/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “Acoustical Fiberboard”)

- Beban Mechanical Electrical (M/E) : 0,19 kN/m² (ASCE 7- 2002 Tabel C3-1 “*Mechanical Duct Allowance*”)
- Beban lapisan waterproofing : 0,05 kN/m² (ASCE 7- 2002 Tabel C3-1 “*Waterproofing Membranes Liquid Applied*”)
- Beban pasangan dinding ½ bata : 3,78 kN/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Clay Brick Whythes: 203mm*”)

2.7.2 **Beban Hidup**

Menurut SNI 03-1727-2013, beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Untuk besaran beban hidup menggunakan SNI 03-1727- 2013 Tabel 4-1, dimana beban yang dipakai adalah sebagai berikut:

- Beban hidup untuk ruang kelas : 1,92 kN/m²
- Beban hidup untuk koridor ruang kelas : 3,83 kN/m²
- Beban hidup untuk ruang pertemuan : 4,79 kN/m²
- Beban hidup untuk atap datar : 0,96 kN/m²
- Beban hidup partisi : 0,72 kN/m²

2.7.3 **Beban Angin**

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang.

2.7.4 **Beban Gempa**

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada struktur yang diakibatkan oleh gerakan tanah yang merupakan akibat dari gempa bumi (baik gempa tektonik

atau vulkanik) yang akan mempengaruhi struktur tersebut. Beban yang dipakai telah dijelaskan pada Bab 2.3

2.7.5 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen-elemen struktur, dan elemen-elemen pondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

1. $1,4 D$
2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
3. $1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
5. $1,2 D + 1,0 E + L$
6. $0,9D + 1,0 W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.8 Analisa Gaya Dalam (M,N,D)

2.8.1 Analisa Gaya Dalam Plat

Untuk perhitungan momen yang terjadi pada plat berdasarkan pada tabel 13.3.1 dan 13.3.2 pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971.

2.8.2 Analisa Gaya Dalam Balok

Untuk membantu dalam perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok menggunakan program bantu yakni ETABS 17.0.1.

2.8.3 Analisa Gaya Dalam Kolom

Untuk membantu dalam perhitungan gaya dalam yang terjadi pada kolom, penulis menggunakan program bantu yakni PCACOL 4.5.

2.9 Perhitungan Struktur

2.9.1 Penulangan Plat

1. Rasio kekakuan balok terhadap plat diatur pada SNI 03-2847- 2013, Pasal 13.3.6:

$$\alpha = \frac{E_{C_{balok}} \cdot I_{balok}}{E_{C_{plat}} \cdot I_{plat}} > 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

E_{cbalok} = Modulus elastisitas beton untuk balok

E_{cplat} = Modulus elastisitas beton untuk plat

I_{balok} = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_{plat} = Momen inersia terhadap

2. Rasio penulangan plat

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 10.5.1}) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots(2.7)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$A_s = \rho_{perlu} \times b \times d \dots\dots\dots(2.11)$$

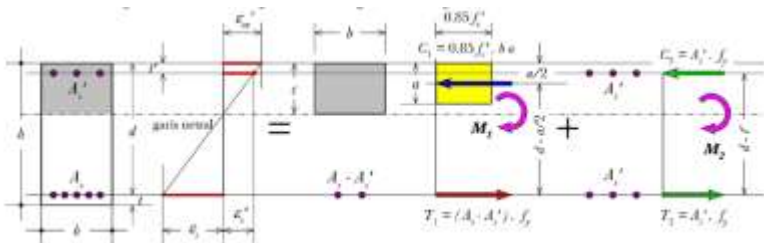
2.9.2 Penulangan Tangga

Penuangan pada plat anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perencanaan plat yang telah dibahas di subbab sebelumnya.

2.9.3 Penulangan Balok

1. Pehitungan Tulangan Lentur dengan Tulangan Rangkap

Lentur tulangan rangkap merupakan salah satu metoda atau cara perencanaan tulangan lentur yang mana kemampuan penampang untuk memikul lentur merupakan kombinasi dari tulangan tarik (A_s) dan tulangan tekan (A_s'). Adapun langkah pengerjaannya bisa dilakukan dengan melakukan coba-coba garis netral (x) sampai dengan tulangan tarik tidak mampu lagi untuk memikul momen akibat beban diluar, sehingga diperlukan adanya tulangan tekan. Pada gambar 3.5 diperlihatkan diagram tegangan yang akan digunakan sebagai acuan perhitungan balok.



Gambar 2. 9 Diagram Regangan-tegangan pada Tulangan rangkap

Pada perancangan tulangan rangkap ini pada prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan cara membuat posisi garis netral yang letaknya lebih mendekati pada tulangan tekan (A_s') dengan tetap memperhatikan komponen tulangan tarik (A_s) dan tulangan tekan (A_s').

Adapun langkah-langkah perancangan tulangan rangkap sebagai berikut:

- Tentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang didapat dari output program bantu ETABS 17.0.1.
- Diberikan nilai C y f' , f , diameter tulangan lentur, dan momen ultimate.
- Ambil suatu harga X , dimana $X \leq 0,75 X_b$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \dots \dots \dots (2.12)$$

d. Ambil A_{sc} berdasarkan X rencana

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot x}{f_y} \dots \dots \dots (2.13)$$

e. Menghitung M_{nc}

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

f. Menghitung M_n (SNI 03-2847-2013 Pasal 22.5.1)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots \dots \dots (2.15)$$

g. Menghitung $M_n - M_{nc}$

Apabila: $M_n - M_{nc} > 0 \rightarrow$ Perlu tulangan tekan

$M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow$ Tidak perlu tulangan tekan

h. Tulangan tekan

• Apabila perlu tulangan tekan maka:

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \dots \dots \dots (2.16)$$

• Apabila tidak perlu tulangan tekan, maka digunakan tulangan tekan praktis.

i. Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \geq f_y \rightarrow \text{Sudah Leleh} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{d''}{x} \right) \cdot 600 \leq f_y \rightarrow \text{Belum Leleh} \dots \dots \dots (2.18)$$

j. Menghitung tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_{ss}' = \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 \cdot f_c'} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$A_{sc} = \frac{T_2}{f_y} \dots \dots \dots (2.20)$$

k. Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}' \dots \dots \dots (2.21)$$

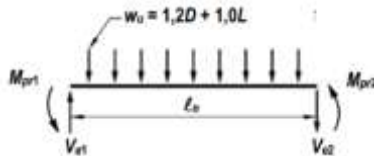
$$A_s' = A_{ss}' \dots \dots \dots (2.22)$$

2. Perhitungan Tulangan Geser

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana (V_e) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik

pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum (M_{pr}) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok adalah sebagai berikut:

- a. Diberikan nilai f_c' , f_y , diameter sengkang, dan V_g
- b. Hitung momen tumpuan:



Gambar 2. 10 Gaya Geser Desain untuk Balok (SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

- Momen tumpuan kiri

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana:

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots \dots \dots (2.24)$$

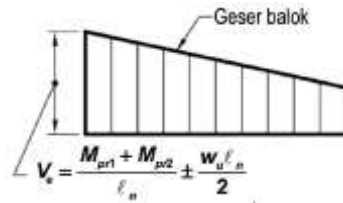
- Momen tumpuan kanan

$$M_{pr2} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.25)$$

Dimana:

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots \dots \dots (2.26)$$

c. Hitung reaksi di ujung-ujung balok



Gambar 2. 11 Gaya Geser Desain untuk Balok (SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = V_{gempa} + V_g \dots\dots\dots(2.27)$$

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \cdot l_n}{2} \dots\dots\dots(2.28)$$

Dimana:

l_n = Panjang bentang bersih balok

W_u = Beban gravitasi (1,2D + 1,6L) yang bisa didapatkan dari program bantu ETABS 17.0.1.

Nantinya, nilai dari V_e diambil yang paling besar tergantung dari penjumlahan V_{gempa} dan V_g yang terjadi.

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana: $V_c = 0$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2)

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana:

A_v = Luas tulangan sengkang (mm²)

$$S_{\max} \leq \frac{1}{2} \cdot d \dots \dots \dots (2.31)$$

(SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.3.4)

3. Perhitungan Tulangan Torsi (puntir)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1(a), pengaruh puntir pada suatu struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari:

$$T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \dots \dots \dots (2.32)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 adalah:

$$\phi \cdot T_n \geq T_u \dots \dots \dots (2.33)$$

T_n harus dihitung:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot f_{yt}}{s} \cdot \cot \theta \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana:

T_u = Momen puntir terfaktor pada penampang

T_n = Kuat momen puntir normal

A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

P_{cp} = Keliling luar penampang beton

4. Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.2, Panjang penyaluran (ℓ_n), dinyatakan dalam diameter db. Nilai ℓ_d tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai ℓ_d / db harus diambil sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Panjang penyaluran Batang Ulir dan Kawat

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b dan sengkang atau pengikat sepanjang (ld) tidak kurang dari minimum tata cara atau spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2 d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{2,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$
Kasus-kasus lain	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$	$\left[\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}} \right]$

Dimana faktor-faktor yang digunakan dalam perumusan-perumusan untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tarik berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.2.4 adalah sebagai berikut:

- Bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan, $\Psi_t = 1,3$. Untuk situasi lainnya, $\Psi_t = 1,0$.
- Untuk batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari 3db, atau spasi bersih kurang dari 6db, $\Psi_e = 1,5$. Untuk semua batang tulangan dilapisi epoksi, batang tulangan dilapisi ganda bahan seng dan epoksi, atau kawat dilapisi epoksi lainnya, $\Psi_e = 1,2$. Untuk tulangan tidak

dilapisi dan dilapisi bahan seng (galvanis), $\Psi_e=1,0$. Akan tetapi, hasil $\Psi_t \Psi_e$ tidak perlu lebih besar dari 1,7

- Bila beton ringan digunakan, λ tidak boleh melebihi 0,75. Bila beton normal digunakan, $\lambda = 1,0$

Panjang penyaluran (ℓ_d), untuk batang ulir yang berada dalam kondisi tekan harus dihitung dengan mengalikan Panjang penyaluran dasar ℓ_{db} . Nilai ℓ_b tidak boleh kurang dari 200mm. Panjang penyaluran dasar ℓ_{db} harus diambil sebesar yang terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.2 yakni sebagai berikut:

$$\left(\frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}}\right) \dots \dots \dots (2.35)$$

$$(0,043 \cdot f_y) \cdot d_b \dots \dots \dots (2.36)$$

5. Ketentuan -ketentuan Perhitungan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5)

a. Persyaratan Geometri

- Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u , tidak boleh melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$, dimana A_g adalah luas penampang komponen struktur.
- Bentang bersih untuk komponen struktur, ℓ_n , tidak boleh kurang dari 4d.
- Lebar komponen, b_w , tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h dan 250 mm.

b. Persyaratan Tulangan Lentur

- Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan, yakni $\rho_{min} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y}$ Rasio

untuk tulangan maksimum dibatasi yakni $p_{maks} = 0,025$. Selain itu, pada penampang haruslah terpasang secara menerus minimum dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah.

- Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negatif dan positif pada setiap penampang di sepanjang bentang harus tidak kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.
- Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewat tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100mm. Sambungan lewat tidak boleh digunakan:
 - a. Dalam joint
 - b. Dalam jarak $2h$ dari muka joint
 - c. Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

c. Persyaratan Tulangan Transversal

- Sengkang tertutup harus dipasang:
 1. Pada daerah hingga $2h$ diukur dari muka tumpuan.
 2. Di sepanjang daerah $2h$ pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:
 - $d/4$
 - 6 kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal.
 - 150 mm

2.9.4 Penulangan Kolom

1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom. Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03 - 2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana:

ΣM_{nc} = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil.

ΣM_{nb} = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

2. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.1, gaya geser rencana (V_e) harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen- momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum (M_{pr}) harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor di sepanjang bentangnya. Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut:

- a. Diberikan nilai c y f' , f , dan diameter sengkang.
- b. Hitung momen tumpuan



Gambar 2. 12 Gaya Geser Desain untuk Kolom
(SNI 03-2847-2013)

- Momen tumpuan atas

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.38)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots \dots \dots (2.39)$$

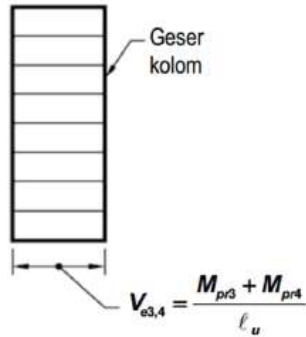
- Momen tumpuan bawah

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.40)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \dots \dots \dots (2.41)$$

c. Hitung reaksi di ujung-ujung kolom



Gambar 2. 13 Gaya Geser Desain untuk Kolom
(SNI 03-2847-2013 Gambar S21.5.4)

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{l_u} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dimana: l_u = Panjang bentang bersih kolom

d. Hitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (2.41)$$

Dimana $V_c = 0$ apabila: (1) V_e akibat gempa lebih besar $\frac{1}{2} V_u$ dan gaya aksial terfaktor pada kolom tidak melampaui $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$, (SNI 03-2847 2013 Pasal 21.6.5.2)

e. Pasang kebutuhan tulangan geser

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} < S_{max} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana:

A_v = Luas tulangan sengkang (mm^2)

f. Cek penampang total tulangan sengkang persegi (Ash)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, nilai Ash diambil dari yang terkecil yakni sebagai berikut:

$$A_{sh}=0,3 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots (2.43)$$

Atau

$$A_{sh}=0,09 \frac{s \cdot b_c \cdot f_c'}{f_{yt}} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana:

- s = Jarak antar tulangan geser
- bc = Lebar penampang inti beton yang terkekang
- Ag = Luas bersih kolom
- Ach = Luas penampang inti beton, dihitung dari serat terluar Sengkang keserat terluar sengkang di sisi lainnya.

3. Ketentuan-ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6)

a. Persyaratan Geometri

- Besarnya gaya tekan aksial terfaktor Pu tidak boleh kurang dari
- Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi penampang terpendek dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0,4

b. Persyaratan Tulangan Lentur

- Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang 0,01 dan maksimum tidak boleh lebih dari 0,06.
- Sambungan lewatan hanya diizinkan di lokasi setengah panjang elemen struktur yang berada di tengah dan direncanakan sebagai sambungan lewatan tarik serta harus diikat sesuai ketentuan tulangan transversal kolom.

- Sambungan mekanis tipe 1 (dengan kekuatan 125% kuat leleh batang tulangan yang disambung) untuk penyambungan lentur tidak boleh ditempatkan di lokasi yang berpotensi membentuk sendi plastis, kecuali sambungan mekanis tipe 2 (yaitu sambungan mekanis dengan kekuatan yang lebih kuat dari kuat tarik batang tulangan yang disambung).

c. Persyaratan Tulangan Geser

- Sengkang harus dipasang di sepanjang ℓ_o ,
dimana Panjang ℓ_o diambil yang terbesar dari:
 - Tinggi penampang struktur kolom pada muka hubungan balok-kolom atau pada segmen yang berpotensi membentuk leleh lentur.
 - 1/6 bentang bersih struktur kolom
 - 450 mm
- Spasi tulangan transversal sepanjang l_o tidak lebih dari yang terkecil:
 - 1/4 dimensi minimum kolom
 - 6d dari tulangan sengkang terkecil
 - So persamaan berikut:

$$S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana: nilai S_o diambil $100\text{mm} \leq S_o \leq 150$

2.9.5 Joint Balok-Kolom

1. Persyaratan Gaya dan Geometri

- Pada perencanaan hubungan balok-kolom, gaya pada tulangan lentur muka hubungan balok-kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan y 1,25 f_y .
- Pada beton normal, dimensi kolom pada hubungan balokkolom dalam arah sejajar tulangan balok

minimal 20 kali diameter tulangan balok longitudinal terbesar.

2. Persyaratan Tulangan Transversal

- Apabila balok-balok dengan lebar minimal $3/4$ lebar kolom merangka pada keempat sisi hubungan balok kolom maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah joint hanyalah $1/2$ dari yang dipasang dari daerah sendi plastis kolom. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150mm.
- Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, persamaan kuat geser hubungan balok kolom dapat dihitung sebagai berikut:
 - Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka

$$= 1.7 \sqrt{f_c'} \cdot A_j \dots\dots\dots(2.46)$$
 - Untuk *joint* yang terkekang oleh balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan

$$= 1.2 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j \dots\dots\dots(2.47)$$
 - Untuk kasus-kasus lainnya

$$= 1.0 \sqrt{f_c'} \cdot A_j \dots\dots\dots(2.48)$$

AJ adalah luas bersih hubungan balok kolom
- Lebar joint efektif tidak boleh melebihi dari yang paling kecil:
 - Lebar balok ditambah tinggi joint
 - $2x$ jarak tegak lurus yang lebih kecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom.

3. Panjang Penyaluran Batang Tulangan dalam Kondisi Tarik

- Untuk ukuran batang tulangan diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran, ℓ_{db} , untuk batang tulangan dengan kait 90° standar pada beton normal tidak boleh kurang dari:
 - $8 \cdot d_b$

- 150 mm
- $l_{db} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots(2.48)$
- Bila digunakan tulangan tanpa kait, untuk diameter 10 mm sampai diameter 36 mm, panjang penyaluran tulangan Tarik minimal adalah:
 - 2,5x panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300mm.
 - 3,5x panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut lebih dari 300mm.

2.9.6 Perhitungan Shearwall

1. Persyaratan Tulangan Minimum

a. Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.2, untuk tulangan vertikal dan horizontal harus minimal 2 lapis jika gaya geser terfaktor yang bekerja pada dinding melebihi:

$$V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana:

A_{cv} = Luasan penampang shearwall

b. Kebutuhan Tulangan Longitudinal dan Transversal

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.2.1, untuk dinding struktural, rasio tulangan longitudinal, ρ_l , dan rasio tulangan transversal, ρ_t , minimum adalah 0,0025, dan spasi maksimum masing-masing arah tulangan adalah 450mm. Kebutuhan tulangan dapat direduksi jika:

$$V_u \leq 0,083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.50)$$

Maka dan dapat direduksi sesuai pada SNI 03-2847-2013 Pasal 14.3.2 dan 14.3.3 yakni:

- Rasio minimum luas tulangan vertikal
 - 0,0012 untuk tulangan kurang dari D16 dengan f_y minimal 420 Mpa.
 - 0,0015 untuk tulangan ulir lainnya
 - 0,0012 untuk tulangan kawat las maksimum D16
- Rasio minimum luas tulangan horizontal
 - 0,0020 untuk tulangan kurang dari D16 dengan f_y minimal 420 Mpa.
 - 0,0025 untuk tulangan ulir lainnya
 - 0,0020 untuk tulangan kawat las maksimum D16

2. Tulangan Geser Dinding

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.9.6.2, *special boundary element* jika jarak c (sumbu netral) dari serat terluar zona tekan lebih besar dari nilai berikut:

$$c > \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana:

δ_u = Perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

c = Panjang garis netral untuk gaya aksial tekan terfaktor (P_u) dan kapasitas momen nominal penampang (M_u).

Dengan nilai $\frac{\delta_u}{h_w}$ minimal adalah 0,007

2.10 Persyaratan Desain

2.10.1 Plat

1. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, pasal 13.3.2, pada penampang kritis:

$$S_{maks} < 2 \times h_f \dots\dots\dots (2.52)$$

2. Kontrol Jarak Spasi Tulangan Susut

Luasan tulangan susut dan suhu harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.1 yakni menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

3. Kontrol Perlu Tulangan Susut

Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 7.12.2.2 dimana:

$$S_{maks} < 5 \times h_f \dots\dots\dots (2.53)$$

2.10.2 Balok

1. Kontrol Mnpasang ≥ Mn perlu untuk Tulangan Lentur

$$\emptyset, M_n \geq M_u \dots\dots\dots (2.54)$$

2. Kontrol Penulangan Geser

a. Kondisi 1

Apabila: $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

Maka tidak perlu tulangan geser

b. Kondisi 2

Apabila: $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

Beban geser minimum yang dipikul oleh tulangan:

$$V_{Smin} = \frac{b_w \cdot d}{3} \dots\dots\dots (2.55)$$

Luas tulangan geser minimum:

$$A_v \min = \frac{b_w \cdot s}{3 \cdot f_y} \dots\dots\dots (2.56)$$

Spasi tulangan geser minimum:

$$S_{maks} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{cm} \dots\dots\dots (2.57)$$

c. Kondisi 3

Apabila $\phi \cdot V_c < V_u \leq (\phi \cdot V_c + \phi \cdot V_s) \dots\dots\dots (2.58)$

Beban geser minimum dan maksimum yang dipikul oleh tulangan:

$$V_{Smin} = \frac{b_w \cdot d}{3} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$V_{S \text{ maks}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2.60)$$

2.10.3 Kolom

1. Kontrol Tulangan Lentur Kolom

Perhitungan tulangan lentur kolom akan dibantu dengan program PCACOL 4.5 untuk mempermudah perhitungan tulangan lentur kolom. Untuk syarat tulangan lentur kolom, berdasarkan SNI 03- 2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan lentur kolom harus memenuhi yakni sebagai berikut:

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \cdot \Sigma M_{nb} \dots\dots\dots(2.61)$$

Dimana:

ΣM_{nc} = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok-kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil.

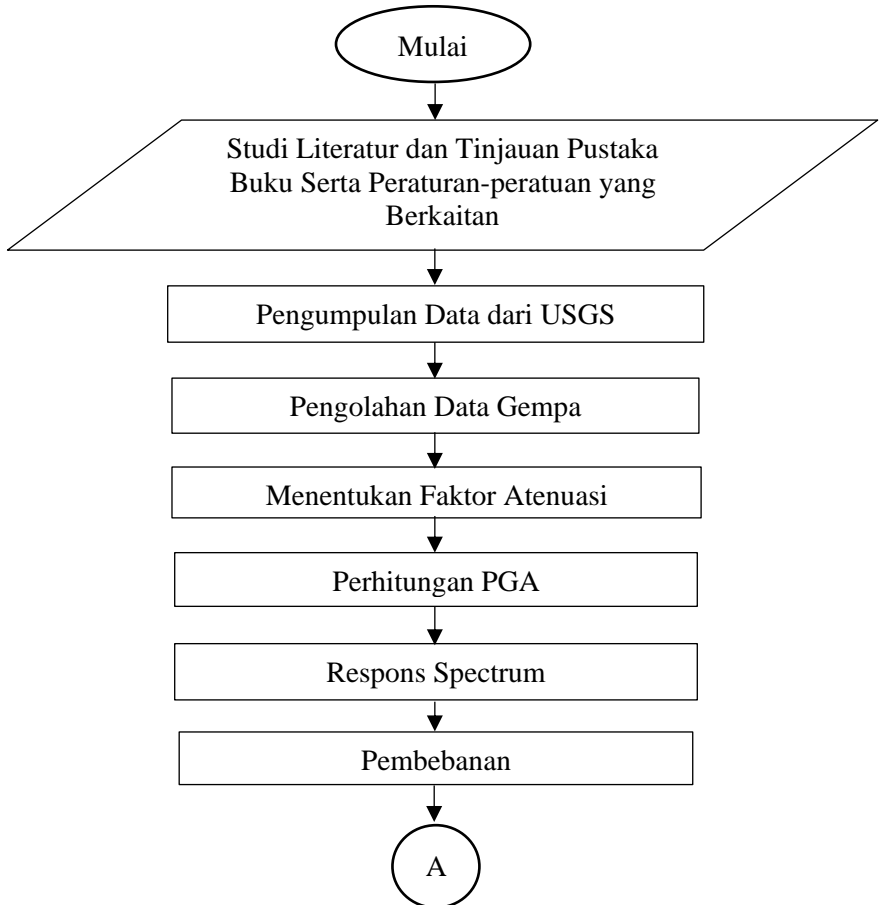
ΣM_{nb} = Jumlah M_n balok yang merangka pada hubungan balok-kolom. Pada konstruksi balok T, dimana plat dalam keadaan tertarik pada muka kolom, tulangan plat yang berada pada daerah lebar efektif plat harus diperhitungkan dalam menentukan M_n balok bila tulangan tersebut terangkur dengan baik pada penampang kritis lentur.

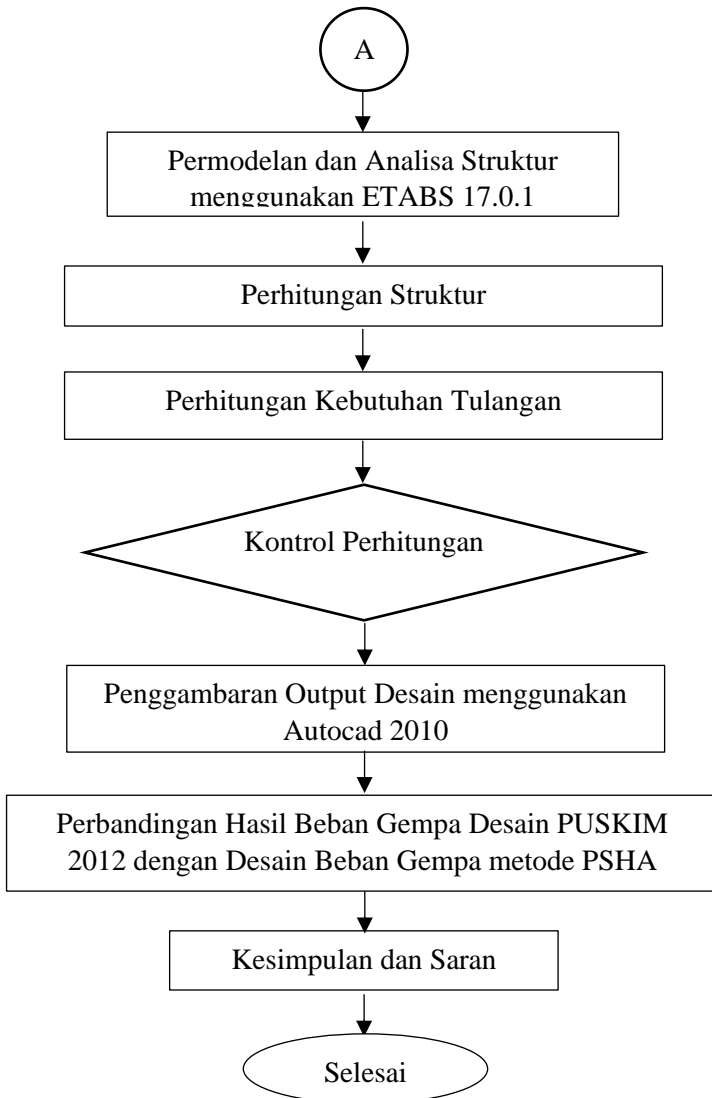
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Uraian metodologi pekerjaan proyek akhir dilakukan dengan tahapan-tahapan berikut:





Gambar 3. 1 Bagan Alur Metodologi Pekerjaan Proyek Akhir Terapan

3.2 Metodologi Pekerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi pekerjaan yang akan di pakai dalam menyusun tugas akhir ini.

3.2.1 Studi Literatur

Studi Literatur Mempelajari literatur-literatur sebagai berikut :

- a. Penjelasan tentang percepatan gempa dalam SNI 1726-2012.
- b. Buku Penjelasan Peta Gempa Indonesia 2010; An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis
- c. Buku serta paper penunjang lainnya.

3.2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan metode *point source* dengan radius pengambilan data gempa adalah 500 km Titik yang ditinjau adalah di pusat kota Surabaya , dengan koordinat sebagai berikut :

- a. Surabaya secara geografis berada pada 07°09'00" – 07°21'00" Lintang Selatan dan 112°36' - 112°54' Bujur Timur
- b. Radius gempa ditinjau : 500 KM (Metode pengambilan data circular area)
- c. Rentang waktu : 01/01/1900 s/d 11/11/2018
- d. Kekuatan gempa : 1 – 9,9 SR
- e. Kedalam gempa : 1 – 200 KM

3.2.3 Pengolahan Data Gempa

Pada tahap ini penulis akan mengolah data gempa yang telah diambil dari sumber dengan mengkonversi magnitude gempa, perhitungan jarak episenter gempa, perhitungan hiposenter gempa.

3.2.4 Analisa Resiko Gempa dengan Fungsi Atenuasi Matuscha

Pada tugas akhir ini, untuk mendapatkan nilai PGA di kota Surabaya dengan metode probabilistik dengan menggunakan fungsi atenuasi matuscha. Hubungan atenuasi ini akan dikembangkan dengan menggunakan analisis regresi.

3.2.5 Mendapatkan Hasil Grafik hazard curve, nilai PGA dan Respond Spectra

Pada tahap ini akan mendata mengenai resiko dan periode ulang kejadian gempa serta melaksanakan Analisa dengan metode PSHA. Output dari tahap ini yaitu berupa Grafik Hazard Curve. Sehingga didapatkannya nilai PGA sehingga dapat dibuatnya grafik respond spectra.

3.2.6 Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan yang akan dihitung oleh penulis akan berupa beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa serta akan dilaksanakan 7 kombinasi pembebanan yang nantinya akan di aplikasikan pada software ETABS 17.

3.2.7 Analisa Gaya Dalam (M,N,D)

Analisa gaya dalam ini akan bantu oleh software ETABS 17. Struktur yang akan di tinjau gaya dalam M,N,D yakni struktur balok, plat serta kolom. Output tersebut akan digunakan sebagai input dalam tahap selanjudnya yakni perhitungan struktur.

3.2.8 Perhitungan Struktur

Pada tahap ini penulis akan mendapatkan hasil dari kebutuhan tulangan yang diperlukan mulai dari kebutuhan tulangan plat, balok, kolom, dan tangga. Pada balok akan dihitung tulangan geser, lentur dan torsi. Pada kolom akan dihitung kebutuhan tulangan geser dan lentur. Pada plat akan dihitung rasio tulangan. Pada perhitungan shearwall akan didapatkan ketebalan yang diperlukan serta tulangan yang dibutuhkan oleh shearwall seperti tulangan minimum

shearwall berupa tulangan horizontal dan vertikal serta tulangan longitudinal dan transversal serta tulangan geser dinding.

3.2.9 Cek Persyaratan

Pada tahap ini merupakan koreksi dari semua desain yang telah direncanakan mulai dari desain ketebalan atau dimensi struktur serta kebutuhan tulangan yang telah didesain. Jika pada tahap ini terdapat struktur yang belum memenuhi maka akan dilaksanakan perhitungan mulai dari preliminary desain tetapi jika struktur yang telah didesain sudah memenuhi persyaratan masing-masing komponen, maka desain dapat diterima dan dilanjutkan pada tahap penggambaran.

3.2.11 Gambar Rencana

Pada tahap ini akan dilaksanakan penggambaran sebagai berikut :

A. Gambar Arsitektur

1. Gambar denah
2. Gambar tampak

B. Gambar Struktur

1. Denah Kolom
2. Denah Balok
3. Denah Sloof

C. Gambar Potongan

1. Potongan memanjang
2. Potongan melintang

D. Gambar Penulangan

1. Gambar penulangan plat
2. Gambar penulangan tangga
3. Gambar penulangan balok
4. Gambar penulangan kolom
5. Gambar penulangan joint balok-kolom
6. Gambar penulangan *shearwall*

7. Gambar penulangan sloof

F Gambar Detail

1. ambar detail panjang penyaluran

3.2.12 Perhitungan Volume Tulangan

Pada tahap ini, penulis akan membandingkan kebutuhan volume tulangan akibat analisis struktur dengan beban gempa desain dari PUSKIM 2012 dan dengan beban gempa desain beban gempa dengan metode PSHA.

BAB IV PEMBUATAN SPEKTRUM RESPONS DENGAN METODE PSHA

4.1 Pengumpulan Data Gempa

Pada studi ini, data gempa yang digunakan berasal dari katalog United State Geological Survey (USGS). Data katalog USGS yang digunakan yakni Kota Surabaya dengan memiliki koordinat $07^{\circ}09'00'' - 07^{\circ}21'00''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ}36' - 112^{\circ}54'$ Bujur Timur serta titik pusat $7,15^{\circ}$ Lintang Selatan dan $112,75^{\circ}$ Bujur Timur. Dengan radius 500 km dengan batas kedalaman hingga 200 km. Serta data diambil dari tahun 1900-2018.

4.2 Pengolahan Data Gempa

Pengambilan data diatas diperoleh dari (united State Geological Survey (USGS)), berikut merupakan tampilan laman dari pencarian wesite tersebut:



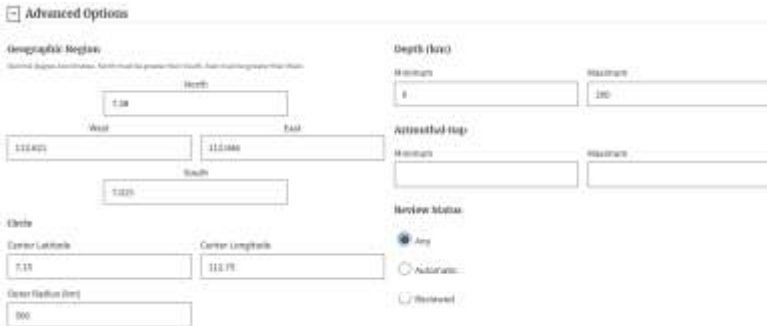
The image shows a screenshot of the USGS Earthquake Search interface. It is titled "Basic Options" and is divided into three main sections: "Magnitude", "Date & Time", and "Geographic Region".

- Magnitude:** Includes radio buttons for "5.0+", "4.0+", and "3.0+", with "5.0+" selected. Below are input fields for "Minimum" (value: 5) and "Maximum" (value: 10).
- Date & Time:** Includes radio buttons for "Past 7 Days", "Past 30 Days", and "Custom", with "Custom" selected. Below are input fields for "Start (UTC)" (value: 1900-01-01 00:00:00) and "End (UTC)" (value: 2018-12-31 23:59:59).
- Geographic Region:** Includes radio buttons for "World", "Continent/State", and "Custom", with "Custom" selected. Below is an input field for "Coordinates" (value: 112.75, -7.15) and a "Search" button.

Gambar 4. 1 Gambar Laman Utama Pencarian Dasar

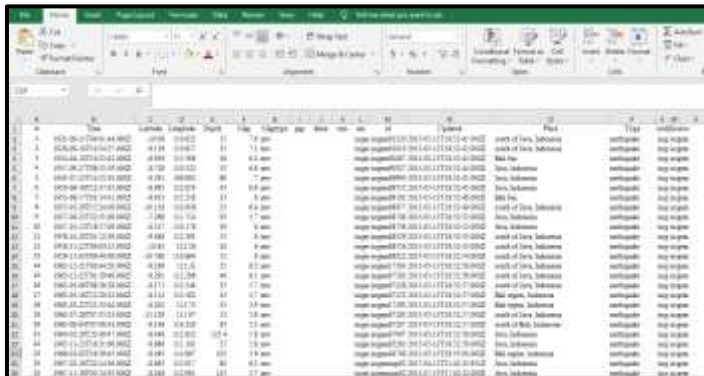
(Sumber : www.earthquake.usgs.gov)

Pertama masukan besar magnitude dengan minimum 5, date & time memilih 01-01-1900 sampai dengan 31-12-2018 lalu pilih geographic desain berdasarkan pilihan input "advance Options" seperti pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Tampilan Advance Options pada Laman USGS Earthquake (Sumber : www.earthquake.usgs.gov)

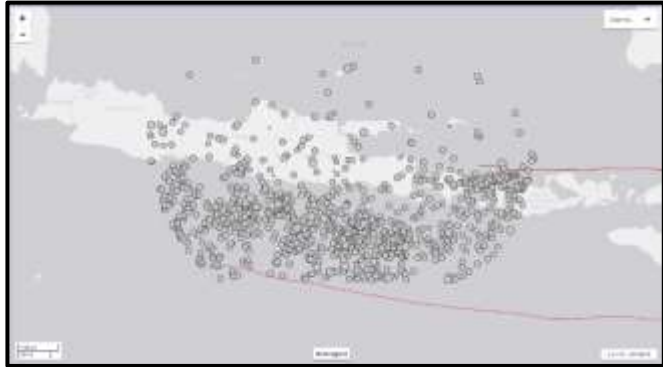
Pada laman ini akan diisikan longitude serta latitude dari wilayah titik pusat yang akan ditinjau, lalu masukan radius yang akan dipilih yakni 500 km serta kedalaman yang diinginkan yakni 200 km. Maka data berupa dokumen excel akan terunduh otomatis. Dari hasil tersebut didapatkan sejumlah 463 kejadian gempa terekam.



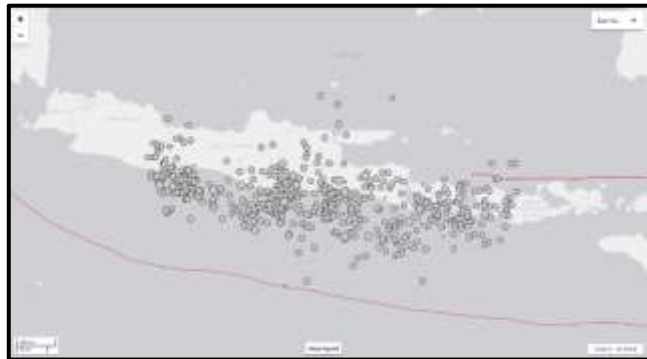
Gambar 4. 3 Contoh Tampilan Awal Excel Output Filter Data USGS (Sumber : www.earthquake.usgs.gov)

Selanjutnya, data tersebut akan diolah untuk dikonversikan skala magnitudo menjadi sama agar mudah dalam perhitungan.

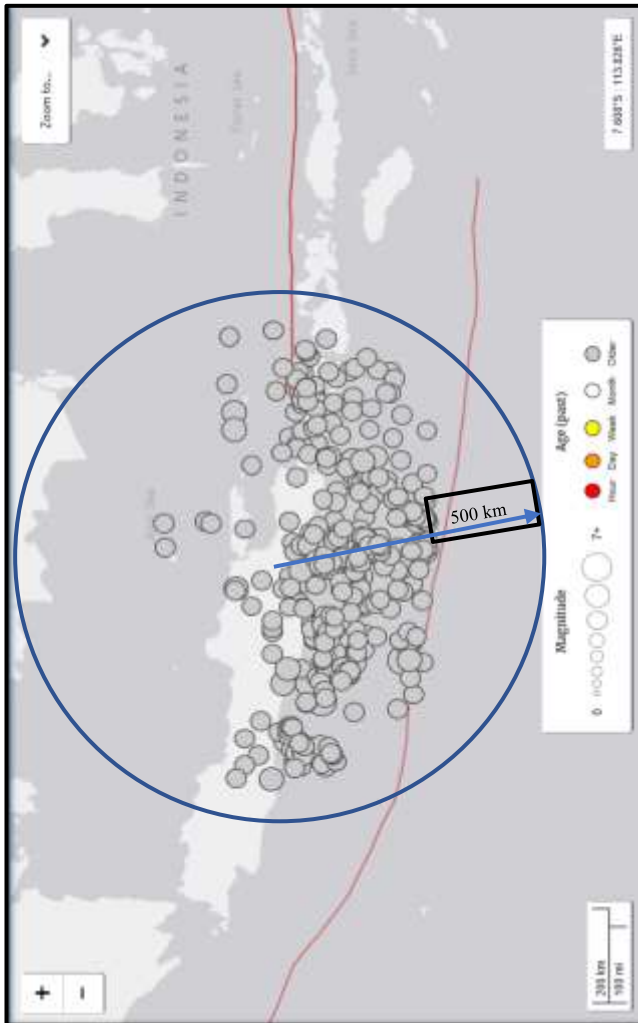
Berikut merupakan tampilan persebaran wilayah gempa pada titik kota Suraaya dengan radius 500 km.



Gambar 4. 4 Persebaran gempa Magnitude 0-5
Kedalaman 0-70 KM



Gambar 4. 5 Persebaran gempa Magnitude 0-5
Kedalaman 70-200 KM



Gambar 4. 6 Persebaran Gempa di Titik Bangunan dengan Radius 500 km (Sumber : www.earthquake.usgs.gov)

4.2.1 Konversi Skala Magnitude

Setiap kejadian gempa diseluruh dunia yang tercatat pada alat seismograf akan direkapitulasi dan tercatat pada data USGS. Kejadian gempa yang tercatat memiliki jenis frekuensi skala magnitude yang berbeda. Seperti halnya *Surface wave magnitude* (M_s), *richter local magnitude* (M_L), *body wave magnitude* (m_b), serta *momen magnitude* (M_w). Dikarenakan banyak jenis skala magnitude maka harus diseragamkan untuk mendapatkan output dalam analisa resiko gempa ini. Untuk kejadian gempa terjadi di Indonesia memberikan korelasi konversi antara beberapa skala magnitude untuk wilayah Indonesia.

Tabel 4. 1 Korelasi Konversi untuk Beberapa skala Magnitudo untuk Wilayah Indonesia
(Sumber : Irsyam dkk, 2010)

No	Korelasi Konversi
1	$M_w = 0.143 M_s^2 - 1.05 M_s + 7.285$
2	$M_w = 0.114 M_b^2 - 0.556 m_b + 5.560$
3	$M_w = 0.787 M_E - 1.537$
4	$m_b = 0.125 M_L - 0.389 M_L - 3.513$
5	$M_L = 0.717 M_D + 1.003$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan manual dalam menyeragamkan satuan magnitude gempa, dengan menggunakan data nomor 31 dibawah ini:

- Jenis Skala Magnitude : M_s
- Besar Magnitude : 6,6 SR

$$\begin{aligned}
 M_w &= 0.143 \times M_s^2 - 1.05 \times M_s + 7.285 \\
 &= 0.143 \times 6.6^2 - 1.05 \times 6.6 + 7.285 \\
 &= 5,78 \text{ SR}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan data hasil dari pencaian sumber gempa dari laman USGS dengan filter yang telah terinput pada laman tersebut. Didapatkan 463 kejadian gempa pada rentang waktu, besar magnitudo setelah dikonversikan menjadi tipe Mw:

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(rehter)		
1	1921-09-11T04:01:44.000Z	-10.08	110.623	15	7.6	mw	south of Java, Indonesia
2	1926-09-10T10:34:27.000Z	-9.156	110.617	35	7.1	mw	south of Java, Indonesia
3	1934-04-10T10:23:02.000Z	-6.959	115.586	20	6.4	mw	Bali Sea
4	1937-09-27T08:55:19.000Z	-8.728	110.522	55	6.8	mw	Java, Indonesia
5	1943-07-23T14:53:10.000Z	-8.591	109.803	60	7	mw	Java, Indonesia
6	1950-06-19T12:37:05.000Z	-6.985	112.054	45	6.6	mw	Java, Indonesia
7	1953-08-17T03:14:41.000Z	-6.953	115.218	35	6	mw	Bali Sea
8	1955-05-29T15:34:09.000Z	-10.158	110.956	25	6.4	mw	south of Java, Indonesia
9	1957-08-23T22:51:09.000Z	-7.266	111.714	65	5.7	mw	Java, Indonesia
10	1957-10-12T18:57:09.000Z	-8.317	110.178	50	6	mw	Java, Indonesia
11	1958-10-20T01:12:39.000Z	-9.086	112.393	55	6	mw	south of Java, Indonesia
12	1958-11-22T00:04:25.000Z	-10.63	112.56	20	6	mw	south of Java, Indonesia
13	1959-11-03T09:40:09.000Z	-10.768	110.684	15	6	mw	south of Java, Indonesia
14	1962-12-21T00:44:20.000Z	-9.169	112.33	55	6.2	mw	south of Java, Indonesia
15	1962-12-22T01:59:49.000Z	-9.291	112.296	40	6.1	mw	south of Java, Indonesia
16	1963-05-06T08:38:29.000Z	-9.171	112.548	35	5.7	mw	south of Java, Indonesia
17	1963-05-18T12:20:32.000Z	-8.112	115.582	25	5.7	mw	Bali region, Indonesia
18	1963-05-22T21:53:04.000Z	-8.202	115.73	35	5.9	mw	Bali region, Indonesia
19	1963-07-28T07:55:23.000Z	-11.129	111.97	15	5.8	mw	south of Java, Indonesia
20	1963-08-04T07:08:43.000Z	-9.148	114.329	65	5.5	mw	south of Bali, Indonesia
21	1964-02-29T23:49:47.000Z	-8.448	112.632	125.4	5.8	mw	Java, Indonesia
22	1965-11-23T16:31:06.000Z	-8.666	111.103	55	5.8	mw	Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
23	1966-05-02T16:39:45.000Z	-8.495	114.967	105	5.6	mw	Bali region, Indonesia
24	1967-02-19T22:14:36.000Z	-8.965	113.017	80	6.3	mw	Java, Indonesia
25	1967-11-26T02:54:05.000Z	-8.046	112.981	145	5.7	mw	Java, Indonesia
26	1970-12-21T14:40:44.000Z	-9.098	116.393	75.3	5.9	mw	Lombok region, Indonesia
27	1970-12-24T01:49:56.000Z	-9.203	116.46	70.5	5.6	mw	Lombok region, Indonesia
28	1971-07-03T08:10:05.000Z	-8.39	111.361	60.9	5.6	mw	Java, Indonesia
29	1972-05-04T04:11:35.000Z	-10.7	113.625	25	5.6	mw	south of Java, Indonesia
30	1972-11-04T21:35:56.000Z	-8.234	112.212	70	6	mw	Java, Indonesia
31	1973-03-12T05:57:02.000Z	-9.408	111.142	38	5.4	mw	south of Java, Indonesia
32	1973-10-02T12:23:23.200Z	-8.745	115.36	92	5.6	mw	Bali region, Indonesia
33	1974-03-25T16:31:45.000Z	-8.28	108.935	92	5.2	mw	Java, Indonesia
34	1974-05-09T05:53:13.300Z	-10.518	113.803	33	5	mw	south of Java, Indonesia
35	1974-05-17T21:18:07.600Z	-10.741	114.041	33	5.3	mw	south of Bali, Indonesia
36	1974-05-19T09:14:25.300Z	-10.879	114.022	26	5.4	mw	south of Bali, Indonesia
37	1974-05-20T16:28:37.200Z	-10.811	113.971	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
38	1974-05-21T07:57:11.100Z	-8.612	111.267	88	5.3	mw	Java, Indonesia
39	1974-05-30T16:25:23.700Z	-10.714	114.098	53	5	mw	south of Bali, Indonesia
40	1974-11-02T21:43:16.800Z	-10.103	112.637	39	5.4	mw	south of Java, Indonesia
41	1974-11-08T02:26:33.300Z	-8.194	110.448	106	5	mw	Java, Indonesia
42	1975-01-15T20:29:53.900Z	-7.983	112.298	141	5.8	mw	Java, Indonesia
43	1975-01-20T13:39:54.400Z	-9.604	113.948	89	5.4	mw	south of Java, Indonesia
44	1975-02-20T22:32:50.700Z	-9.331	114.577	89	5.3	mw	south of Bali, Indonesia
45	1975-08-10T15:57:24.700Z	-10.6	112.635	43	5.1	mw	south of Java, Indonesia
46	1975-10-27T09:31:46.100Z	-9.357	110.827	70	5.7	mw	south of Java, Indonesia
47	1975-11-06T01:34:27.700Z	-8.13	114.284	170	5.1	mw	Bali region, Indonesia
48	1975-12-28T15:24:50.800Z	-7.978	115.07	196	5.9	mw	Bali Sea
49	1976-01-18T01:36:31.100Z	-10.302	109.942	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
50	1976-02-14T20:31:38.200Z	-8.082	108.607	53	5.9	mw	Java, Indonesia
51	1976-07-14T07:13:24.000Z	-8.17	114.888	40	6.5	mw	Bali region, Indonesia
52	1976-07-14T10:23:45.800Z	-8.127	114.862	33	5.9	mw	Bali region, Indonesia
53	1977-01-01T17:35:54.900Z	-7.885	109.014	113	5.7	mw	Java, Indonesia
54	1977-01-26T13:11:29.800Z	-8.219	115.193	33	5.2	mw	Bali region, Indonesia
55	1977-01-29T13:40:32.200Z	-9.207	111.243	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
56	1977-04-05T11:23:20.200Z	-9.362	111.687	61	5	mw	south of Java, Indonesia
57	1977-04-09T21:20:16.900Z	-9.228	111.683	67	5.1	mw	south of Java, Indonesia
58	1977-05-03T13:22:38.600Z	-10.265	112.152	45	5	mw	south of Java, Indonesia
59	1977-06-27T03:04:39.100Z	-11.251	114.82	51	5.2	mw	south of Bali, Indonesia
60	1977-07-18T18:11:41.100Z	-8.614	110.328	74	5.3	mw	Java, Indonesia
61	1977-08-08T01:42:55.600Z	-7.775	109.198	113	5.2	mw	Java, Indonesia
62	1977-09-07T02:44:26.000Z	-10.07	115.516	33	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
63	1977-09-11T14:16:03.500Z	-9.143	112.31	49	5	mw	south of Java, Indonesia
64	1977-09-13T03:01:41.500Z	-9.233	112.282	40	5.2	mw	south of Java, Indonesia
65	1977-09-14T13:33:48.000Z	-10.982	113.483	24	5.3	mw	south of Java, Indonesia
66	1977-11-09T05:25:24.500Z	-7.962	113.397	162	5	mw	Java, Indonesia
67	1977-11-23T16:11:16.100Z	-8.963	110.407	82	5.2	mw	Java, Indonesia
68	1978-01-14T14:55:52.100Z	-10.814	113.509	42	5.4	mw	south of Java, Indonesia
69	1978-02-03T11:03:52.900Z	-8.684	114.53	123	5.1	mw	Bali region, Indonesia
70	1978-10-14T18:41:13.700Z	-7.464	112.216	184	5.6	mw	Java, Indonesia
71	1979-02-18T02:42:34.600Z	-6.826	116.126	33	5.5	mw	Bali Sea
72	1979-05-14T09:14:21.700Z	-7.668	111.199	37	5.1	mw	Java, Indonesia
73	1979-05-15T01:06:12.900Z	-8.163	111.765	81	5	mw	Java, Indonesia
74	1979-05-21T16:31:05.200Z	-8.299	115.934	76	5.7	mw	Bali region, Indonesia
75	1979-05-30T09:38:52.900Z	-8.207	115.949	25	6.1	mw	Bali region, Indonesia
76	1979-06-21T09:45:15.000Z	-8.449	115.901	33	5.1	mw	Bali region, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
77	1979-07-29T22:34:43.900Z	-8.291	109.783	94	5	mw	Java, Indonesia
78	1979-08-07T04:41:52.900Z	-8.714	108.856	69	5.6	mw	Java, Indonesia
79	1979-09-24T00:25:08.900Z	-8.864	114.002	86	5.1	mw	Bali region, Indonesia
80	1979-10-07T19:27:49.000Z	-7.672	110.755	180	5.2	mw	Java, Indonesia
81	1979-10-20T01:41:10.400Z	-8.254	115.847	38	6.2	mw	Bali region, Indonesia
82	1979-12-17T19:58:23.800Z	-8.39	115.889	33	6.3	mw	Bali region, Indonesia
83	1980-01-21T16:29:20.900Z	-8.442	116.096	33	5.2	mw	Lombok region, Indonesia
84	1980-03-04T14:17:31.300Z	-8.239	116.347	33	5.1	mw	Lombok region, Indonesia
85	1980-03-04T14:28:37.200Z	-8.158	116.357	33	5.1	mw	Lombok region, Indonesia
86	1980-03-31T13:14:46.600Z	-8.89	112.977	49	5.2	mw	Java, Indonesia
87	1980-04-16T12:18:20.600Z	-8.082	108.793	84	5.8	mw	Java, Indonesia
88	1980-04-16T12:23:48.300Z	-8.113	108.744	80	5.7	mw	Java, Indonesia
89	1980-08-13T00:17:48.900Z	-7.874	112.051	33	5	mw	Java, Indonesia
90	1980-12-24T23:55:06.400Z	-8.955	112.041	63	5.6	mw	Java, Indonesia
91	1981-03-13T23:22:35.170Z	-8.759	110.428	51	5.6	mw	Java, Indonesia
92	1981-07-06T00:00:39.250Z	-8.077	112.795	121.4	5	mw	Java, Indonesia
93	1981-12-13T20:35:56.600Z	-9.348	111.761	82.6	5.7	mw	south of Java, Indonesia
94	1982-07-13T05:46:43.010Z	-8.426	115.236	139.3	5.1	mw	Bali region, Indonesia
95	1982-07-23T13:51:42.370Z	-10.796	111.715	34	5.2	mw	south of Java, Indonesia
96	1982-10-26T12:44:21.900Z	-7.403	108.744	153	5.6	mw	Java, Indonesia
97	1982-10-28T15:30:14.740Z	-7.993	109.093	96.3	5.2	mw	Java, Indonesia
98	1983-03-05T08:57:04.020Z	-10.733	115.036	33	5.3	mw	south of Bali, Indonesia
99	1983-04-04T15:21:37.240Z	-9.385	113.478	84.2	5	mw	south of Java, Indonesia
100	1983-04-16T12:57:49.980Z	-10.161	110.89	57.1	5.7	mw	south of Java, Indonesia
101	1983-08-12T11:50:46.790Z	-8.939	111.406	89.7	5.1	mw	Java, Indonesia
102	1983-08-13T22:28:19.620Z	-8.667	111.24	81.2	5.9	mw	Java, Indonesia
103	1983-08-17T09:29:50.040Z	-8.721	111.224	71.7	5.4	mw	Java, Indonesia
104	1983-11-01T07:28:37.800Z	-8.765	111.425	77.8	5.1	mw	Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
105	1983-12-01T01:41:41.790Z	-9.47	115.222	33	5	mw	south of Bali, Indonesia
106	1984-01-26T18:55:28.220Z	-9.414	112.933	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia
107	1984-02-02T11:30:33.640Z	-9.903	115.056	33	5.3	mw	south of Bali, Indonesia
108	1984-02-08T00:20:21.950Z	-9.814	112.777	50.6	5.2	mw	south of Java, Indonesia
109	1984-04-06T23:50:44.740Z	-10.461	110.597	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
110	1984-05-03T12:28:51.790Z	-8.569	111.338	85.6	5.5	mw	Java, Indonesia
111	1984-06-08T14:48:51.920Z	-9.787	114.215	33	5	mw	south of Bali, Indonesia
112	1984-06-11T14:14:13.120Z	-9.262	114.085	79.2	5.2	mw	south of Bali, Indonesia
113	1984-07-16T03:27:57.280Z	-8.572	111.474	105.4	5	mw	Java, Indonesia
114	1984-08-03T22:41:16.400Z	-7.85	114.759	38.4	5.1	mw	Bali Sea
115	1984-08-11T05:09:04.380Z	-11.045	113.745	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
116	1984-09-18T20:24:39.370Z	-10.35	113.865	51.7	5.1	mw	south of Java, Indonesia
117	1984-09-22T23:39:14.050Z	-10.114	113.77	71.3	5.1	mw	south of Java, Indonesia
118	1985-02-02T04:30:30.120Z	-10.563	114.969	33	5.3	mw	south of Bali, Indonesia
119	1985-02-16T08:43:56.070Z	-8.536	115.752	33	5.2	mw	Bali region, Indonesia
120	1985-03-15T03:47:48.730Z	-10.092	111.988	33	5	mw	south of Java, Indonesia
121	1985-04-13T01:06:00.190Z	-9.245	114.185	98.9	5.9	mw	south of Bali, Indonesia
122	1985-04-23T22:10:38.700Z	-8.746	111.333	33	5.4	mw	Java, Indonesia
123	1985-04-28T18:19:40.740Z	-9.1	112.013	33	5	mw	south of Java, Indonesia
124	1985-06-13T20:54:49.840Z	-9.478	113.742	98.2	5.1	mw	south of Java, Indonesia
125	1985-07-09T13:26:57.990Z	-8.503	110.306	58.9	5.7	mw	Java, Indonesia
126	1985-07-12T22:50:19.270Z	-9.382	112.922	81.3	5	mw	south of Java, Indonesia
127	1985-07-23T03:23:17.030Z	-8.573	110.618	87.7	5.2	mw	Java, Indonesia
128	1985-09-06T09:38:46.070Z	-9.59	111.089	79.2	5.4	mw	south of Java, Indonesia
129	1985-09-09T18:53:03.040Z	-9.783	114.102	33	5.2	mw	south of Bali, Indonesia
130	1985-09-11T08:37:35.430Z	-11.141	112.218	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
131	1985-09-11T08:57:44.980Z	-8.018	108.848	96.2	5.1	mw	Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
132	1985-11-20T02:49:44.890Z	-10.449	111.817	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
133	1986-03-09T08:41:56.680Z	-8.217	111.693	117	5.3	mw	Java, Indonesia
134	1986-05-12T10:35:00.420Z	-6.969	112.019	33	5.1	mw	Java, Indonesia
135	1986-05-28T01:45:04.120Z	-8.841	116.255	119.9	5	mw	Lombok region, Indonesia
136	1986-08-30T18:45:15.410Z	-9.504	113.002	60.1	5.2	mw	south of Java, Indonesia
137	1987-04-02T11:23:16.570Z	-8.353	116.675	10	5	mw	Lombok region, Indonesia
138	1987-05-10T00:37:10.020Z	-7.737	115.997	42.4	5.3	mw	Bali Sea
139	1987-06-18T11:44:22.160Z	-10.116	113.603	59.9	5.2	mw	south of Java, Indonesia
140	1987-11-10T20:17:54.490Z	-5.642	113.354	34.3	5.1	mw	Java Sea
141	1987-11-18T01:34:00.140Z	-8.094	108.793	65.5	5.5	mw	Java, Indonesia
142	1987-12-17T20:22:58.360Z	-9.169	114.61	46	6	mw	south of Bali, Indonesia
143	1988-02-27T10:14:02.310Z	-9.351	114.187	70.1	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
144	1988-04-04T16:12:25.290Z	-9.364	112.874	60.9	5.9	mw	south of Java, Indonesia
145	1988-04-13T19:10:06.890Z	-9.563	112.737	61.4	5.2	mw	south of Java, Indonesia
146	1988-07-14T23:18:08.090Z	-8.487	112.596	33	5.3	mw	Java, Indonesia
147	1988-09-25T07:01:14.180Z	-7.455	109.418	150.6	5.3	mw	Java, Indonesia
148	1988-11-23T05:22:26.150Z	-8.228	116.02	33	5.1	mw	Lombok region, Indonesia
149	1989-04-17T14:20:31.140Z	-8.179	112.924	112.8	5.1	mw	Java, Indonesia
150	1989-09-12T08:55:57.920Z	-9.017	110.503	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia
151	1989-09-12T15:29:15.480Z	-9.011	110.521	48.3	5.5	mw	south of Java, Indonesia
152	1989-10-10T06:45:38.130Z	-9.112	113.201	49.4	5.3	mw	south of Java, Indonesia
153	1989-10-25T06:46:42.710Z	-7.151	113.247	41.4	5	mw	Java, Indonesia
154	1989-10-31T18:44:20.660Z	-9.219	111.962	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia
155	1989-10-31T19:35:00.450Z	-9.306	112.05	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia
156	1989-12-03T11:11:56.390Z	-8.828	113.418	95	5.3	mw	Java, Indonesia
157	1990-01-14T07:08:53.810Z	-8.208	108.818	88.8	5	mw	Java, Indonesia
158	1990-01-18T01:04:31.050Z	-10.797	113.653	45.8	5.1	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
159	1990-02-04T07:58:14.070Z	-10.233	110.29	45.8	5.8	mw	south of Java, Indonesia
160	1990-03-26T11:23:09.590Z	-5.667	112.873	33	5	mw	Java Sea
161	1990-05-21T13:24:36.690Z	-8.137	109.043	27.5	5.6	mw	Java, Indonesia
162	1990-06-18T16:52:55.260Z	-8.813	111.235	33	5	mw	Java, Indonesia
163	1990-08-26T05:16:39.850Z	-9.152	110.765	33	5.5	mw	south of Java, Indonesia
164	1990-08-26T23:13:33.690Z	-9.196	110.764	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
165	1990-10-08T17:00:06.980Z	-9.231	110.783	92	5	mw	south of Java, Indonesia
166	1990-10-15T19:50:24.060Z	-10.047	114.607	70.3	5.4	mw	south of Bali, Indonesia
167	1990-11-08T14:10:42.240Z	-8.549	108.939	73.6	5.3	mw	Java, Indonesia
168	1990-12-09T05:26:49.670Z	-8.676	110.587	33	5	mw	Java, Indonesia
169	1991-02-22T01:10:17.010Z	-10.165	113.683	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
170	1991-03-11T01:44:56.780Z	-9.499	115.639	33	5.4	mw	south of Bali, Indonesia
171	1991-06-02T16:50:11.440Z	-8.67	111.409	88.4	5.1	mw	Java, Indonesia
172	1991-07-04T06:54:16.180Z	-8.439	111.021	114.2	5.3	mw	Java, Indonesia
173	1991-07-05T04:30:52.550Z	-9.585	114.673	53.7	6.1	mw	south of Bali, Indonesia
174	1991-08-07T23:00:26.300Z	-10.144	113.468	33	5	mw	south of Java, Indonesia
175	1991-11-26T13:47:37.180Z	-8.851	113.771	106.5	5.1	mw	Java, Indonesia
176	1992-02-04T01:58:39.740Z	-7.138	109.067	58.3	5.1	mw	Java, Indonesia
177	1992-02-20T22:48:43.030Z	-8.135	116.229	199.7	5.2	mw	Lombok region, Indonesia
178	1992-03-30T13:42:17.140Z	-8.345	114.734	17.2	5.2	mw	Bali region, Indonesia
179	1992-04-14T04:52:13.610Z	-9.992	112.418	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
180	1992-06-09T00:31:56.310Z	-8.474	111.1	63.9	6.1	mw	Java, Indonesia
181	1992-06-26T02:36:13.460Z	-8.79	112.593	63.9	5.2	mw	Java, Indonesia
182	1992-07-05T06:00:51.370Z	-7.671	111.268	33	5.1	mw	Java, Indonesia
183	1992-11-21T03:04:08.050Z	-8.643	110.423	47.9	5.5	mw	Java, Indonesia
184	1992-12-16T05:07:58.480Z	-7.866	116.463	35.8	5	mw	Bali Sea
185	1992-12-21T03:21:17.210Z	-10.035	113.718	39	5.1	mw	south of Java, Indonesia
186	1993-03-22T05:24:56.030Z	-8.664	110.882	52.4	5.1	mw	Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
187	1993-04-10T17:58:07.250Z	-8.387	111.254	88.2	5	mw	Java, Indonesia
188	1993-04-30T01:51:39.190Z	-9.276	113.246	42.6	5	mw	south of Java, Indonesia
189	1993-06-27T15:32:59.020Z	-9.177	115.873	88.4	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
190	1993-08-26T01:43:10.470Z	-8.672	110.358	66.4	5.3	mw	Java, Indonesia
191	1994-01-16T19:12:58.160Z	-8.746	114.699	115.2	5	mw	Bali region, Indonesia
192	1994-01-18T06:46:10.120Z	-8.364	113.187	140.7	5.2	mw	Java, Indonesia
193	1994-02-18T19:11:09.620Z	-9.75	112.804	53.3	5	mw	south of Java, Indonesia
194	1994-03-13T10:50:11.150Z	-7.666	111.429	97.2	5	mw	Java, Indonesia
195	1994-03-16T00:02:36.190Z	-7.149	108.542	33	5	mw	Java, Indonesia
196	1994-04-25T22:21:51.520Z	-9.343	113.058	67.7	5.8	mw	south of Java, Indonesia
197	1994-04-25T22:43:37.910Z	-9.493	113.055	92.6	5.1	mw	south of Java, Indonesia
198	1994-04-26T04:29:20.930Z	-9.5	112.883	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
199	1994-04-26T08:37:47.530Z	-9.444	113.01	33	5	mw	south of Java, Indonesia
200	1994-04-26T09:16:49.640Z	-9.427	112.949	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
201	1994-04-27T08:22:32.850Z	-9.514	112.849	67	5.2	mw	south of Java, Indonesia
202	1994-04-30T03:41:25.220Z	-9.329	113.101	86.6	5	mw	south of Java, Indonesia
203	1994-06-02T18:17:34.020Z	-10.477	112.835	18.4	7.8	mw	south of Java, Indonesia
204	1994-06-03T02:55:17.480Z	-10.351	112.766	23.2	5.1	mw	south of Java, Indonesia
205	1994-06-03T04:54:50.030Z	-10.391	112.998	42.7	5.6	mw	south of Java, Indonesia
206	1994-06-03T05:10:07.560Z	-10.219	113.508	33	5	mw	south of Java, Indonesia
207	1994-06-03T10:14:39.410Z	-10.981	112.739	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
208	1994-06-03T12:33:22.670Z	-10.489	113.076	33	5.4	mw	south of Java, Indonesia
209	1994-06-03T13:39:24.300Z	-9.421	114.333	33	5.4	mw	south of Bali, Indonesia
210	1994-06-03T16:33:10.520Z	-9.44	113.045	28.3	5.3	mw	south of Java, Indonesia
211	1994-06-03T18:16:19.090Z	-10.468	112.962	40.3	5.6	mw	south of Java, Indonesia
212	1994-06-03T18:54:46.730Z	-10.656	113.017	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
213	1994-06-03T21:06:59.880Z	-10.362	112.892	25.9	6.6	mw	south of Java, Indonesia
214	1994-06-03T21:19:50.120Z	-10.548	112.873	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
215	1994-06-03T21:21:09.540Z	-10.416	112.897	43.5	5.9	mw	south of Java, Indonesia
216	1994-06-03T21:57:29.960Z	-10.559	112.802	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
217	1994-06-03T21:59:45.030Z	-10.543	113.013	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
218	1994-06-03T23:02:00.550Z	-10.395	113.588	23.9	5.6	mw	south of Java, Indonesia
219	1994-06-03T23:42:31.070Z	-10.473	112.81	32.3	5.5	mw	south of Java, Indonesia
220	1994-06-04T00:57:50.660Z	-10.777	113.366	11.2	6.5	mw	south of Java, Indonesia
221	1994-06-04T05:17:17.600Z	-11.378	112.845	40	5.3	mw	south of Java, Indonesia
222	1994-06-04T05:54:29.300Z	-10.567	113.186	32.5	5.4	mw	south of Java, Indonesia
223	1994-06-04T11:18:53.040Z	-10.79	113.338	30.9	5.2	mw	south of Java, Indonesia
224	1994-06-04T11:36:36.070Z	-10.831	113.225	34.1	5.6	mw	south of Java, Indonesia
225	1994-06-04T12:04:27.870Z	-10.696	113.555	28.5	5.2	mw	south of Java, Indonesia
226	1994-06-04T14:57:59.660Z	-10.559	112.889	33.4	5.4	mw	south of Java, Indonesia
227	1994-06-04T20:09:34.700Z	-10.826	113.199	30.3	5.5	mw	south of Java, Indonesia
228	1994-06-05T01:45:02.160Z	-10.349	113.398	25.9	6.1	mw	south of Java, Indonesia
229	1994-06-05T05:32:33.680Z	-10.827	113.45	39.9	5.2	mw	south of Java, Indonesia
230	1994-06-05T05:56:45.390Z	-10.717	113.492	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia
231	1994-06-05T06:20:58.550Z	-10.015	112.878	32.3	5.4	mw	south of Java, Indonesia
232	1994-06-05T17:51:57.020Z	-10.645	112.654	39.8	5.5	mw	south of Java, Indonesia
233	1994-06-05T18:30:15.130Z	-10.683	112.417	35.8	5.2	mw	south of Java, Indonesia
234	1994-06-05T19:35:41.270Z	-11.151	112.36	41.4	5	mw	south of Java, Indonesia
235	1994-06-05T20:11:14.230Z	-10.273	114.154	33	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
236	1994-06-06T01:08:31.290Z	-10.812	113.324	34.3	5.3	mw	south of Java, Indonesia
237	1994-06-06T02:18:36.500Z	-10.515	113.411	21.9	5.1	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
238	1994-06-06T02:23:33.750Z	-10.932	112.491	33	5	mw	south of Java, Indonesia
239	1994-06-06T04:55:11.880Z	-10.639	112.535	43.9	5.3	mw	south of Java, Indonesia
240	1994-06-06T05:32:54.880Z	-10.587	112.618	20.5	5.1	mw	south of Java, Indonesia
241	1994-06-06T06:20:20.920Z	-11.081	113.084	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
242	1994-06-06T07:40:36.860Z	-11.003	113.198	38.1	5.3	mw	south of Java, Indonesia
243	1994-06-06T08:18:11.420Z	-10.832	113.148	41.6	5.1	mw	south of Java, Indonesia
244	1994-06-06T10:14:11.160Z	-10.663	112.561	35.1	5.3	mw	south of Java, Indonesia
245	1994-06-06T12:14:13.620Z	-11.026	112.605	33	5	mw	south of Java, Indonesia
246	1994-06-07T04:42:52.930Z	-9.656	113.072	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
247	1994-06-07T16:25:29.340Z	-11.183	113.628	53.2	5.2	mw	south of Java, Indonesia
248	1994-06-07T22:00:04.570Z	-11.069	113.122	33	5.4	mw	south of Java, Indonesia
249	1994-06-08T19:19:57.940Z	-10.637	112.672	37.7	5.1	mw	south of Java, Indonesia
250	1994-06-09T16:37:46.530Z	-10.143	113.623	33	5.8	mw	south of Java, Indonesia
251	1994-06-10T01:16:49.800Z	-11.094	113.146	33	5	mw	south of Java, Indonesia
252	1994-06-10T01:40:24.820Z	-11.199	112.221	42.7	5	mw	south of Java, Indonesia
253	1994-06-10T19:11:16.650Z	-10.391	112.726	28.6	5.3	mw	south of Java, Indonesia
254	1994-06-10T19:17:52.290Z	-10.291	113.502	33	5.4	mw	south of Java, Indonesia
255	1994-06-11T21:59:22.450Z	-10.624	112.677	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
256	1994-06-12T01:35:21.400Z	-10.458	112.826	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
257	1994-06-12T01:47:19.150Z	-10.575	112.783	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
258	1994-06-12T02:14:42.120Z	-10.837	112.99	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
259	1994-06-12T08:03:23.460Z	-10.827	112.056	33	5	mw	south of Java, Indonesia
260	1994-06-12T13:53:07.570Z	-10.615	112.6	34.2	5.3	mw	south of Java, Indonesia
261	1994-06-13T06:49:31.230Z	-10.775	113.632	27.5	5	mw	south of Java, Indonesia
262	1994-06-13T21:04:09.430Z	-10.285	113.491	23.5	5.6	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
263	1994-06-13T21:10:06.160Z	-10.233	113.569	33	5.8	mw	south of Java, Indonesia
264	1994-06-13T21:50:54.680Z	-10.802	112.894	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
265	1994-06-13T22:48:27.540Z	-10.328	113.621	25.5	5.6	mw	south of Java, Indonesia
266	1994-06-14T01:48:18.830Z	-10.547	113.389	30.5	5.1	mw	south of Java, Indonesia
267	1994-06-14T02:35:27.870Z	-10.676	113.305	32.2	5.1	mw	south of Java, Indonesia
268	1994-06-14T14:54:55.570Z	-10.526	113.443	25.3	5.1	mw	south of Java, Indonesia
269	1994-06-14T15:20:51.240Z	-10.507	113.476	27.4	5.2	mw	south of Java, Indonesia
270	1994-06-14T16:00:41.880Z	-10.487	113.512	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
271	1994-06-15T06:18:45.100Z	-9.438	113.066	28.6	5.1	mw	south of Java, Indonesia
272	1994-06-15T09:22:57.220Z	-10.335	113.66	19.9	6.2	mw	south of Java, Indonesia
273	1994-06-15T09:50:23.040Z	-10.149	113.686	28.8	5.5	mw	south of Java, Indonesia
274	1994-06-15T10:28:50.600Z	-10.168	113.749	28.8	6.1	mw	south of Java, Indonesia
275	1994-06-15T12:10:56.480Z	-10.498	113.441	24.7	5.2	mw	south of Java, Indonesia
276	1994-06-15T13:53:53.080Z	-10.384	112.44	31.2	5	mw	south of Java, Indonesia
277	1994-06-16T12:48:45.720Z	-10.65	113.475	33	5	mw	south of Java, Indonesia
278	1994-06-18T22:38:19.000Z	-10.15	113.632	46	5.5	mw	south of Java, Indonesia
279	1994-06-19T03:20:46.170Z	-9.472	112.757	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
280	1994-06-19T12:57:01.280Z	-10.346	113.479	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
281	1994-06-19T13:50:38.140Z	-10.596	113.483	19.8	5.1	mw	south of Java, Indonesia
282	1994-06-22T19:11:54.580Z	-10.565	112.644	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
283	1994-06-26T06:14:36.280Z	-10.77	113.311	33	5	mw	south of Java, Indonesia
284	1994-06-27T03:33:16.820Z	-11.024	113.689	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
285	1994-06-28T14:45:17.420Z	-10.85	112.636	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia
286	1994-07-01T01:57:57.160Z	-7.96	109.137	101.4	5.1	mw	Java, Indonesia
287	1994-07-09T04:48:31.000Z	-11.08	112.497	33	5.1	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
288	1994-07-18T05:24:21.270Z	-9.74	112.493	33	5.4	mw	south of Java, Indonesia
289	1994-07-18T16:33:59.840Z	-9.591	112.939	33	5.5	mw	south of Java, Indonesia
290	1994-07-21T15:52:44.320Z	-9.664	112.836	23.3	5.3	mw	south of Java, Indonesia
291	1994-07-24T21:57:27.400Z	-10.654	113.269	34.3	5.4	mw	south of Java, Indonesia
292	1994-07-25T00:45:31.070Z	-11.063	113.048	10	5	mw	south of Java, Indonesia
293	1994-07-26T01:46:33.100Z	-10.263	113.59	33	5.7	mw	south of Java, Indonesia
294	1994-08-04T01:09:36.290Z	-9.857	112.711	23.2	5.1	mw	south of Java, Indonesia
295	1994-08-06T13:15:30.520Z	-10.921	113.6	33	5.4	mw	south of Java, Indonesia
296	1994-08-21T21:57:55.920Z	-9.168	111.849	57.8	5.2	mw	south of Java, Indonesia
297	1994-08-24T08:53:48.940Z	-10.939	112.886	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
298	1994-09-07T18:48:24.600Z	-10.699	113.444	33	5	mw	south of Java, Indonesia
299	1994-10-07T23:26:38.270Z	-8.297	116.763	33	5	mw	Lombok region, Indonesia
300	1994-12-01T03:55:07.490Z	-8.467	115.649	133.8	5	mw	Bali region, Indonesia
301	1995-02-24T16:44:07.570Z	-8.834	110.778	93.9	5	mw	Java, Indonesia
302	1995-05-05T10:09:06.580Z	-8.919	110.335	67.1	5.4	mw	Java, Indonesia
303	1995-05-05T17:19:19.390Z	-8.725	111.034	76.5	5.9	mw	Java, Indonesia
304	1995-05-10T19:01:12.470Z	-8.327	112.913	142.6	5	mw	Java, Indonesia
305	1995-07-27T12:21:32.430Z	-8.683	111.206	71.5	5.4	mw	Java, Indonesia
306	1996-03-23T07:32:03.930Z	-9.393	113.071	81.1	5.2	mw	south of Java, Indonesia
307	1996-07-20T23:44:34.890Z	-8.655	114.675	33	5.1	mw	Bali region, Indonesia
308	1997-07-10T13:10:48.190Z	-10.747	113.716	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
309	1997-07-12T22:49:17.130Z	-9.045	110.527	33	5.3	mw	south of Java, Indonesia
310	1998-09-28T13:34:30.490Z	-8.194	112.413	151.6	6.6	mw	Java, Indonesia
311	1999-01-26T15:53:26.950Z	-8.239	108.724	96	5.3	mw	Java, Indonesia
312	1999-02-04T12:34:34.490Z	-8.965	110.507	100.5	5.3	mw	Java, Indonesia
313	1999-02-23T05:46:01.510Z	-8.972	112.665	33	5	mw	Java, Indonesia
314	1999-03-27T08:03:45.090Z	-9.682	112.79	33	5.6	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
315	2000-01-05T18:26:07.520Z	-9.195	109.592	33	5.8	mw	south of Java, Indonesia
316	2000-01-06T04:31:58.350Z	-8.293	116.071	33	5.4	mw	Lombok region, Indonesia
317	2000-01-15T02:11:58.580Z	-9.578	111.76	34.5	5	mw	south of Java, Indonesia
318	2000-01-16T09:09:34.500Z	-9.27	113.965	58.5	5.1	mw	south of Java, Indonesia
319	2000-01-29T08:13:10.730Z	-8.633	111.137	60.7	5.4	mw	Java, Indonesia
320	2000-02-12T03:11:02.690Z	-8.701	112.445	107.9	5.3	mw	Java, Indonesia
321	2000-04-03T11:13:17.970Z	-8.652	110.701	82.8	5	mw	Java, Indonesia
322	2000-09-05T02:58:00.420Z	-8.474	112.137	136.9	5.1	mw	Java, Indonesia
323	2001-01-07T12:55:46.890Z	-8.703	108.893	33	5.4	mw	Java, Indonesia
324	2001-01-14T19:51:26.360Z	-8.469	112.635	74.1	5.2	mw	Java, Indonesia
325	2001-01-19T20:26:41.700Z	-8.776	112.584	112.3	5.2	mw	Java, Indonesia
326	2001-03-23T06:55:44.500Z	-10.49	113.9	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
327	2001-05-25T05:06:10.680Z	-7.869	110.179	143.1	6.3	mw	Java, Indonesia
328	2001-08-07T03:22:35.890Z	-8.61	113.832	90.5	5.6	mw	Java, Indonesia
329	2001-10-14T01:10:45.610Z	-8.598	110.633	67.2	5.8	mw	Java, Indonesia
330	2002-03-06T02:11:09.320Z	-9.205	112.364	33	5.2	mw	south of Java, Indonesia
331	2002-06-21T05:07:11.930Z	-6.416	113.404	42.2	5.1	mw	Java, Indonesia
332	2002-08-26T17:36:44.700Z	-6.398	113.406	33	5.6	mw	Java, Indonesia
333	2003-01-06T21:16:01.190Z	-8.609	110.645	116.4	5.1	mw	Java, Indonesia
334	2003-02-24T10:39:43.350Z	-7.27	114.521	48.4	5.2	mw	Bali Sea
335	2003-05-28T01:34:02.080Z	-8.577	112.499	65.3	5.2	mw	Java, Indonesia
336	2003-07-19T21:20:37.010Z	-8.682	111.227	56.2	5.9	mw	Java, Indonesia
337	2003-08-25T22:17:20.320Z	-8.911	113.183	67.8	5.2	mw	Java, Indonesia
338	2003-09-08T06:26:32.230Z	-8.55	110.189	50.6	5.9	mw	Java, Indonesia
339	2003-09-16T16:41:15.720Z	-7.962	111.687	91.3	5	mw	Java, Indonesia
340	2003-11-20T12:24:32.630Z	-10.024	111.028	10	5.9	mw	south of Java, Indonesia
341	2004-01-01T20:59:31.910Z	-8.31	115.788	44.5	5.8	mw	Bali region, Indonesia
342	2004-01-25T09:45:55.350Z	-7.994	112.077	115.5	5.2	mw	Java, Indonesia
343	2004-04-16T18:32:24.010Z	-8.669	114.65	95.5	5.5	mw	Bali region, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
344	2004-05-05T02:20:47.340Z	-9.033	114.448	80.8	5	mw	south of Bali, Indonesia
345	2004-07-17T01:20:33.390Z	-6.519	113.367	53.8	5.1	mw	Java, Indonesia
346	2004-08-19T06:33:31.360Z	-8.291	109.794	79.9	5.2	mw	Java, Indonesia
347	2004-09-15T08:35:10.840Z	-8.773	115.357	98.4	5.4	mw	Bali region, Indonesia
348	2004-10-14T04:09:04.420Z	-9.501	114.3	61.9	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
349	2005-03-07T13:51:03.570Z	-8.524	113.297	116.8	5.1	mw	Java, Indonesia
350	2005-03-14T15:37:01.030Z	-8.618	112.716	120.7	5	mw	Java, Indonesia
351	2005-04-25T08:08:05.050Z	-10.537	115.205	26.5	5	mw	south of Bali, Indonesia
352	2005-06-11T13:18:51.180Z	-8.923	112.196	60	5.4	mw	Java, Indonesia
353	2006-05-20T06:15:43.400Z	-9.988	112.029	39.7	5	mw	south of Java, Indonesia
354	2006-05-26T22:53:58.920Z	-7.961	110.446	12.5	6.3	mw	Java, Indonesia
355	2006-09-21T18:54:50.050Z	-9.05	110.365	25	6	mw	south of Java, Indonesia
356	2006-12-29T06:26:49.040Z	-10.701	113.855	10	5.2	mw	south of Java, Indonesia
357	2006-12-31T13:12:49.520Z	-8.257	111.672	139.9	5	mw	Java, Indonesia
358	2007-01-19T02:44:23.420Z	-9.993	109.672	25	5.8	mw	south of Java, Indonesia
359	2007-10-04T14:28:35.690Z	-8.285	116.811	10	5.7	mw	Lombok region, Indonesia
360	2007-12-07T10:45:53.720Z	-9.979	113.472	10	5.3	mw	south of Java, Indonesia
361	2007-12-17T00:09:37.220Z	-9.215	112.385	48	5	mw	south of Java, Indonesia
362	2007-12-17T12:46:14.650Z	-10.755	113.355	10	5.3	mw	south of Java, Indonesia
363	2008-02-03T10:55:33.480Z	-8.617	111.521	35	5.1	mw	Java, Indonesia
364	2008-03-31T13:51:21.140Z	-9.163	111.91	27.9	5.1	mw	south of Java, Indonesia
365	2008-06-12T05:19:57.410Z	-9.379	112.769	51.9	5.2	mw	south of Java, Indonesia
366	2008-07-20T06:11:08.200Z	-8.636	111.225	77.8	5.3	mw	Java, Indonesia
367	2009-01-20T12:34:34.050Z	-10.685	115.025	30.9	5.1	mw	south of Bali, Indonesia
368	2009-09-07T16:12:22.560Z	-10.198	110.628	23	6.2	mw	south of Java, Indonesia
369	2009-09-18T23:06:57.720Z	-9.138	115.593	79	5.7	mw	south of Bali, Indonesia
370	2010-02-10T06:33:44.260Z	-9.26	111.025	35	5	mw	south of Java, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
371	2010-02-11T18:43:09.710Z	-9.905	113.845	51	5.8	mw	south of Java, Indonesia
372	2010-06-06T16:57:26.980Z	-8.572	112.451	87.6	5.1	mw	Java, Indonesia
373	2010-06-18T14:42:53.310Z	-8.58	111.34	73.9	5	mw	Java, Indonesia
374	2010-08-16T22:19:17.250Z	-8.546	112.53	73.6	5	mw	Java, Indonesia
375	2010-10-01T01:24:26.100Z	-10.925	113.794	15.4	5.3	mw	south of Java, Indonesia
376	2010-11-09T07:03:30.360Z	-8.634	110.026	63	5.4	mw	Java, Indonesia
377	2010-12-21T03:59:38.350Z	-8.7	111.197	54.6	5.6	mw	Java, Indonesia
378	2011-02-08T15:27:00.080Z	-9.996	113.88	50.3	5.2	mw	south of Java, Indonesia
379	2011-05-17T00:14:57.650Z	-9.203	112.585	28	5.7	mw	south of Java, Indonesia
380	2011-05-18T05:01:39.470Z	-9.292	112.561	35	5.1	mw	south of Java, Indonesia
381	2011-10-13T03:16:30.160Z	-9.35	114.587	39	6.1	mw	south of Bali, Indonesia
382	2011-11-04T14:59:53.640Z	-8.808	115.758	98.1	5	mw	Bali region, Indonesia
383	2011-11-24T03:55:36.540Z	-8.644	109.888	90	5.1	mw	Java, Indonesia
384	2012-08-09T11:04:24.900Z	-8.718	116.363	107.2	5.3	mw	Lombok region, Indonesia
385	2012-09-03T18:23:05.230Z	-10.708	113.931	14	6.1	mw	south of Java, Indonesia
386	2012-09-04T04:27:13.020Z	-10.839	113.962	10	5	mw	south of Java, Indonesia
387	2012-09-04T12:07:26.630Z	-10.771	113.822	10	5.2	mw	south of Java, Indonesia
388	2012-09-04T13:31:04.180Z	-10.652	113.911	14.1	5.2	mw	south of Java, Indonesia
389	2012-09-07T17:41:02.010Z	-10.73	113.833	4.8	5.4	mw	south of Java, Indonesia
390	2012-09-11T14:21:36.290Z	-10.705	113.832	10	5.3	mw	south of Java, Indonesia
391	2012-09-13T01:40:30.040Z	-10.901	113.98	10	5.1	mw	south of Java, Indonesia
392	2012-09-13T23:40:02.950Z	-10.768	113.755	10	5.4	mw	south of Java, Indonesia
393	2012-09-15T16:32:21.510Z	-10.732	113.865	10	5.7	mw	south of Java, Indonesia
394	2012-09-15T17:35:40.980Z	-10.738	113.883	10	5.3	mw	south of Java, Indonesia
395	2012-11-22T09:09:32.310Z	-8.918	115.124	78.5	5	mw	Bali region, Indonesia
396	2013-06-22T05:42:39.820Z	-8.305	116.058	46.5	5.1	mw	11km NNW of Pemenang, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
397	2013-07-08T02:13:40.600Z	-8.803	113.002	60	5.7	mw	46km SSE of Pujiharjo, Indonesia
398	2013-08-08T10:45:58.200Z	-8.6243	110.9786	9.45	5.3	mw	60km SW of Sukorejo, Indonesia
399	2013-08-22T18:58:36.720Z	-10.5342	114.3361	10	5.1	mw	207km SSW of Kangin, Indonesia
400	2013-09-23T15:12:55.000Z	-9.8648	115.9595	39.88	5.2	mw	113km SSW of Kute, Indonesia
401	2014-01-25T05:14:18.510Z	-7.9855	109.2653	66	6.1	mw	38km SSE of Adipala, Indonesia
402	2014-01-25T05:25:16.000Z	-8.0009	109.3003	84.51	5.2	mw	41km S of Kroya, Indonesia
403	2014-01-27T16:14:00.800Z	-8.0452	109.2927	87.85	5	mw	45km S of Kroya, Indonesia
404	2014-03-09T13:42:18.990Z	-8.8939	113.0771	78.97	5.3	mw	62km SSE of Pujiharjo, Indonesia
405	2014-03-20T21:33:00.060Z	-9.653	114.2783	51.41	5	mw	118km S of Sidorukun, Indonesia
406	2014-04-18T13:33:36.010Z	-9.0559	110.3444	15.37	5.3	mw	122km S of Bambanglipuro, Indonesia
407	2014-04-18T15:07:10.590Z	-9.1005	110.4197	36.93	5	mw	127km S of Wonosari, Indonesia
408	2014-07-14T05:05:03.200Z	-8.8188	111.2529	52.51	5.5	mw	63km SSW of Ngulung Wetan, Indonesia
409	2014-07-24T08:41:07.550Z	-9.1269	111.5753	35	5	mw	92km S of Ngulung Wetan, Indonesia
410	2014-10-26T08:56:41.720Z	-10.2403	112.7996	36.09	5	mw	203km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia
411	2015-03-15T21:19:13.920Z	-9.6876	112.8854	49.71	5	mw	143km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia
412	2015-05-01T02:46:22.140Z	-9.4395	112.9109	61.38	5	mw	116km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia
413	2015-07-24T21:44:38.920Z	-8.2477	108.9163	48	5.5	mw	61km SSW of Karangbadar Kidul, Indonesia

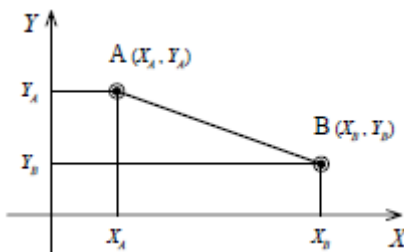
No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
430	2017-10-25T16:35:36.480Z	-9.6404	112.9337	35	5	mw	138km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia
431	2018-07-19T12:23:35.660Z	-9.5608	112.8231	31.53	5.4	mw	128km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia
432	2018-07-28T22:47:38.740Z	-8.2395	116.508	14	6.4	mw	5km WNW of Obelobel, Indonesia
433	2018-07-28T23:06:48.820Z	-8.2204	116.4624	10	5.4	mw	4km ENE of Anyar, Indonesia
434	2018-07-29T01:50:32.220Z	-8.3133	116.4514	10.9	5.3	mw	5km WNW of Lelongken, Indonesia
435	2018-08-05T11:46:38.630Z	-8.2581	116.4375	34	6.9	mw	0km SW of Loloan, Indonesia
436	2018-08-05T12:03:24.190Z	-8.3608	116.0241	17.72	5.1	mw	9km WNW of Karangsubagan, Indonesia
437	2018-08-05T12:49:55.250Z	-8.358	116.1402	31.26	5.5	mw	0km NW of Prawira, Indonesia
438	2018-08-05T16:49:41.600Z	-8.2702	116.2412	10	5	mw	2km SW of Lokokrang, Indonesia
439	2018-08-06T00:28:18.020Z	-8.3667	116.3062	10	5.3	mw	5km SSE of Santong, Indonesia
440	2018-08-06T15:50:55.570Z	-8.3988	116.0135	26.01	5.1	mw	9km W of Karangsubagan, Indonesia
441	2018-08-06T18:21:19.200Z	-8.2479	116.364	22.5	5.3	mw	3km SE of Akarakar, Indonesia
442	2018-08-09T05:25:32.380Z	-8.3065	116.2304	15	5.9	mw	6km SSW of Lokokrang, Indonesia
443	2018-08-19T04:06:13.080Z	-8.4051	116.5772	10	5.4	mw	4km ESE of Sembalunbung, Indonesia
444	2018-08-19T04:10:22.640Z	-8.3366	116.5993	16	6.3	mw	4km SW of Belanting, Indonesia
445	2018-08-19T14:56:27.490Z	-8.319	116.6272	21	6.9	mw	1km S of Belanting, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
446	2018-08-19T15:04:02.940Z	-8.2842	116.5942	10	5.6	mw	4km WNW of Belanting, Indonesia
447	2018-08-19T15:16:35.240Z	-8.3511	116.5565	10	5.8	mw	2km ENE of Sembalunlawang, Indonesia
448	2018-08-19T15:28:58.880Z	-8.391	116.5568	10	5.5	mw	1km ESE of Sembalunbung, Indonesia
449	2018-08-19T16:21:07.460Z	-8.415	116.8263	10	5	mw	15km ESE of Sambelia, Indonesia
450	2018-08-19T16:37:37.710Z	-8.377	116.8473	10	5.3	mw	17km E of Sambelia, Indonesia
451	2018-08-19T21:50:10.120Z	-8.3232	116.6443	10	5.1	mw	2km SE of Belanting, Indonesia
452	2018-08-20T01:30:31.470Z	-8.3006	116.6994	6.18	5.2	mw	7km E of Belanting, Indonesia
453	2018-08-22T22:48:42.610Z	-9.0829	114.8224	70.95	5.1	mw	43km SW of Kangin, Indonesia
454	2018-08-28T18:36:32.910Z	-9.0219	110.1451	40	5.2	mw	119km S of Bambanglipuro, Indonesia
455	2018-09-02T00:15:46.250Z	-8.1302	116.4089	16.06	5.3	mw	10km N of Karanggedang, Indonesia
456	2018-09-07T17:14:38.080Z	-8.3774	116.6363	26.4	5	mw	5km W of Sambelia, Indonesia
457	2018-09-10T03:50:15.560Z	-8.1224	116.5828	10	5	mw	16km NNE of Obelobel, Indonesia
458	2018-09-10T20:22:24.280Z	-8.1902	116.5118	10	5	mw	9km NNW of Obelobel, Indonesia
459	2018-10-07T17:57:21.280Z	-8.361	116.8232	10	5.1	mw	15km E of Sambelia, Indonesia
460	2018-10-10T18:44:55.280Z	-7.4525	114.4553	9	6	mw	40km NNE of Cungapmimbo, Indonesia
461	2018-11-14T17:23:31.720Z	-9.0392	115.4621	68.09	5	mw	38km SE of Bualu, Indonesia
462	2018-11-29T20:42:05.420Z	-8.7025	109.7932	89.24	5	mw	98km SSW of Srandakan, Indonesia

No	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag	Mag type	Place
		(°)	(°)	(km)	(richter)		
463	2018-12-06T01:02:46.320Z	-8.3911	116.0064	12	5.5	mw	10km W of Karangsubagan, Indonesia

4.2.2 Perhitungan Jarak Epicenter Gempa

Dalam studi ini dalam menghitung jarak epicentre gempa digunakan dengan perumusan Haversine yang telah diusulkan oleh Sinnot dengan permodelan sederhana yang terdapat pada “Virtues of the Haversine”, sky and Telescope, vol, 68, No.2, halaman 159) dengan rumusan sebagai berikut :



$$E = \sqrt{((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)} \times 111,1305$$

Berikut ini merupakan contoh perhitungan manual dalam menghitung jarak epicenter gempa menuju titik pusat Surabaya :

- Latitude Surabaya = 7.15°
- Longitude Surabaya = 112.75°

Sedangkan untuk letak gempa yang akan ditinjau yakni Gempa yang berada di South of Java, Indonesia :

- Latitude = -6.985°
- Longitude = 112.054°

Dengan mengubah dalam bentuk radian :

Surabaya :

- Latitude = $7.15 \times (\pi/180) = 0.1247$ Rad
- Longitude = $112.75 \times (\pi/180) = 1.9678$ Rad

java, Indonesia : (Data nomor 6)

- Latitude = $6.985 \times (\pi/180) = 0.1219$ Rad
- Longitude = $112.054 \times (\pi/180) = 1.9557$ Rad

$$E = \sqrt{((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)} \times 111,1305$$

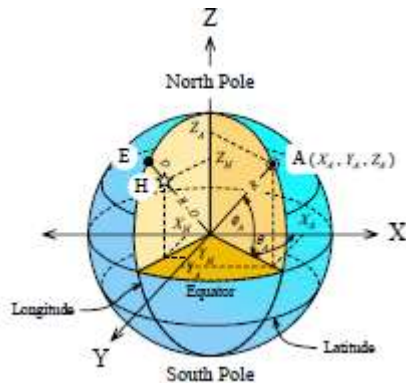
$$= \sqrt{((112.75 - 112.054)^2 + (7.15 - 6.98)^2)} \times 111,1305$$

$$= 79,49 \text{ Km}$$

Untuk E epicenter data lainnya akan direkap pada lampiran 1.

4.2.3 Perhitungan Hiposenter

Perhitungan jarak hiposenter dengan lokasi struktur dapat dihitung dengan Teorima Phythagoras, dengan skema konsep perhitungan hiposenter sebagai berikut:



Keterangan:

H = Jarak Hiposenter kek titik yang tinjau

E = Jarak dari episenter ke titik lokasi yang ditinjau

R = Jarak Hiposenter ke muka tanah

Maka dengan rumusan teorima Phythagoras maka contoh perhitungan manual data nomor 6 didapatkan hasil sebagai berikut:

Dengan :

R = 83.427 km

E = 45 km

Maka,

- $X_A = R \cdot \cos \phi_A \cdot \cos \theta_A = (6371 \text{ km} \cdot \cos(0,1247) \cdot \cos(1,96))$
= -2398,93
- $Y_A = R \cdot \cos \phi_A \cdot \sin \theta_A = (6371 \text{ km} \cdot \cos(0,1247) \cdot \sin(1,96))$
= 5849.26
- $Z_A = R \cdot \sin \phi_A = 6371 \text{ km} \cdot \sin(0,1247)$
= 5849.26
- $X_H = (R-D) \cdot \cos \phi_H \cdot \cos \theta_H$
= $(6371 - 45) \cdot \cos(0.121) \cdot \cos(1.99)$
= -2556.07
- $Y_H = (R-D) \cdot \cos \phi_H \cdot \sin \theta_H$
= $(6371 - 45) \cdot \cos(0.121) \cdot \sin(1.99)$
= 5736.005
- $Z_H = R \cdot \sin \phi_H$
= $6371 \cdot \sin 1.99$
= 5819.35

$$\begin{aligned}
 H &= \sqrt{((X_H - X_A)^2 + (Y_H - Y_A)^2 + ((Z_H - Z_A)^2)} \\
 &= \sqrt{\left((-2556.07 - (-2398,93))^2 + (5736.005 - 5849.26)^2 + \right. \\
 &\quad \left. ((5819.35 - 5849.26)^2) \right)} \\
 &= 423.94 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Untuk H hiposenter data lainnya akan direkap pada lampiran 1.

4.2.4 Menentukan Nilai Percepatan Tanah (a)

Nilai percepatan tanah didapatkan dari data magnitude yang telah di konversikan pada 4.2.2 dan dipengaruhi faktor atenuasi. Pada perhitungan ini akan menggunakan beberapa perbandingan faktor atenuasi, yakni atenuasi matuscka, esteva, Donovan II dan joyner-boore. Berikut beberapa uraian salah satu data yang akan digunakan faktor atenuasi.

1. Atenuasi Matuscka

Data :

$$e = 2.71828$$

$$M_w = 7.6 R$$

$$H_p = 423.94 \text{ km}$$

Dengan rumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= 119. e^{0.81.M} . (H+25)^{-1.15} \\ &= 119. 2.71828^{0.81.7.6} . (423.94 + 25)^{-1.15} \\ &= 50,00814 \text{ cm/det}^2 = 0.0509 \text{ g} \end{aligned}$$

2. Atenuasi Esteva

Data :

$$e = 2.71828$$

$$M_w = 7.6 R$$

$$H_p = 423.94 \text{ km}$$

Dengan rumusan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= 1230. e^{0.8.M} . (H + 25)^{-2} \\ &= 1230. 2.71828^{0.8.7.6} . (423.94 + 25)^{-2} \\ &= 2.667 \text{ cm/det}^2 = 0.0027 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Atenuasi Donovan II

Data :

$$e = 2.71828$$

$$M_w = 7.6 R$$

$$H_p = 423.94 \text{ km}$$

Dengan rumusan sebagai berikut:

$$a = 1325. e^{0.67.M} . (H + 25)^{-1.6}$$

$$= 1325.271828^{0,67.7,6} \cdot (423,94 + 25)^{-1,6}$$

$$= 12.3064 \text{ cm/det}^2 = 0.0125 \text{ g}$$

4. Atenuasi Joyner-boore

Data :

$$e = 2.71828$$

$$M_w = 7.6 \text{ R}$$

$$E = 423.678 \text{ km}$$

$$r = \sqrt{E^2 + 8^2} = 423,75 \text{ km}$$

Dengan rumusan sebagai berikut:

$$a = 10^{(0.43+0.23(M-6) - \log r - 0.0027r)}$$

$$= 10^{(0.43+0.23(7,6-6) - \log 423,75 - 0.0027 \cdot 423,75)}$$

$$= 0.00106 \text{ g}$$

Tabel 4. 2 Rekapitulasi nilai a berbagai jenis atenuasi

Jenis Atenuasi	Matuscka (g)	Esteva (g)	Donovan II (g)	Joyner-boore (g)
Nilai a	0.0509	0.0027	0.0125	0.00106

4.2.5 Menentukan Garis Regresi

Dari harga-harga yang telah didapatkan pada semua data tanah yang didapatkan sebelumnya dengan 4 jenis atenuasi. Maka, dibuat satu hubungan polynomial dengan mengambil persamaan regresi secara umum sebagai berikut:

$$a = A \cdot N^B$$

Dimana : a = data percepatan tanah rancang

N= annual exceedance rate

Pada persaman diatas, ditentukan terlebih dahulu kontasnta A dan B. Berikut uraian perhitungan percepatan tanah rancang.

Pada perhitungan kali ini ang akan dipertimbangkan yakni umur bangunan 50 tahun dan periode ulang gempa 2500 tahun.

A. Resiko Tahunan Gempa

Dari aplikasi statistika didapatkan, bahwa apabila direncanakan suatu gempa dengan periode ulang tertentu (2500 tahun), maka besar resiko tahunan, yaitu:

$$\begin{aligned} R_A &= 1/T \\ &= 1/2500 \\ &= 0.0004 \end{aligned}$$

B. Resiko Gempa Selama Umur Bangunan

Dalam hal ini digunakan formulasi statistika sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_N &= 1 - (1 - R_A)^t \\ &= 1 - (1 - 0,0004)^{50} \\ &= 0.019805249 \end{aligned}$$

C. Annual Exceedance Rate

Dengan menggunakan rumus distribusi eksponensial, diana selama masa manfaat bangunan akan terjadi gempa paling sedikit 1 (satu) kali gempa dengan periode ulang tersebut, maka ditentukan hubungan matematika sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N &= \frac{1}{T} \ln(1 - R_N) \\ &= \frac{1}{2500} \ln(1 - 0,0198) \\ &= 0.000273278 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Percepatan Tanah Rancang

Harga percepatan tanah rancang untuk bangunan untuk bangunan yang berumur t tahun dan yang dimaksudkan untuk mampu menerima gempa dengan mensubstitusikan hasil A dan B yang telah dihitung dengan komponen-komponen diatas lainnya:

1. Atenuasi Matuschka

$$A : -0.21925$$

$$B : 3.1685$$

Maka, a untuk t 50 tahun dan T 2500 tahun sebagai berikut:

$$\begin{aligned} a &= A.N^B \\ &= -0,2192. 0,0002732^{3.1685} \end{aligned}$$

$$= 143,665 \text{ cm/det}^2 = 0,1465 \text{ g}$$

2. Atenuasi Esteva

$$A : -0.1092$$

$$B : 1.58215$$

Maka, a untuk t 50 tahun dan T 2500 tahun sebagai berikut:

$$a = A.N^B$$

$$= -0.10925 \cdot 0,0002732^{1.58215}$$

$$= 11.9242 \text{ cm/det}^2 = 0.0122 \text{ g}$$

3. Atenuasi Donovan II

$$A : -0.2103$$

$$B : 1.58216$$

Maka, a untuk t 50 tahun dan T 2500 tahun sebagai berikut:

$$a = A.N^B$$

$$= -0.2103 \cdot 0,0002732^{1.58216}$$

$$= 27.3215 \text{ cm/det}^2 = 0.0279 \text{ g}$$

4. Atenuasi Joyner-Boore

$$A : -0.0925$$

$$B : 0.31347$$

Maka, a untuk t 50 tahun dan T 2500 tahun sebagai berikut:

$$a = A.N^B$$

$$= -0.0925 \cdot 0,0002732^{0.31347}$$

$$= 2.9229 \text{ cm/det}^2 = 0.0029 \text{ g}$$

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Hasil Percepatan Rancang

No	Jenis Atenuasi	Nilai (g)
1	Matuscka	0.146499056
2	Esteva	0.012159269
3	Donovan II	0.027860138
4	Joyner-boore	0.002980479

4.2.6 Faktor Amplifikasi Tanah

Harga percepatan tanah yang telah didapatkan dari pembahasan 4.2.5, belum termasuk pengaruh amplifikasi (penguatan) oleh tanah. Berikut merupakan harga-harga faktor amplifikasi tanah sebagai direkomendasikan oleh U.S-NRC (*Nuclear Regulatory Commission*).

Tabel 4. 4 Faktor Amplifikasi yang Direkomendasikan NRC

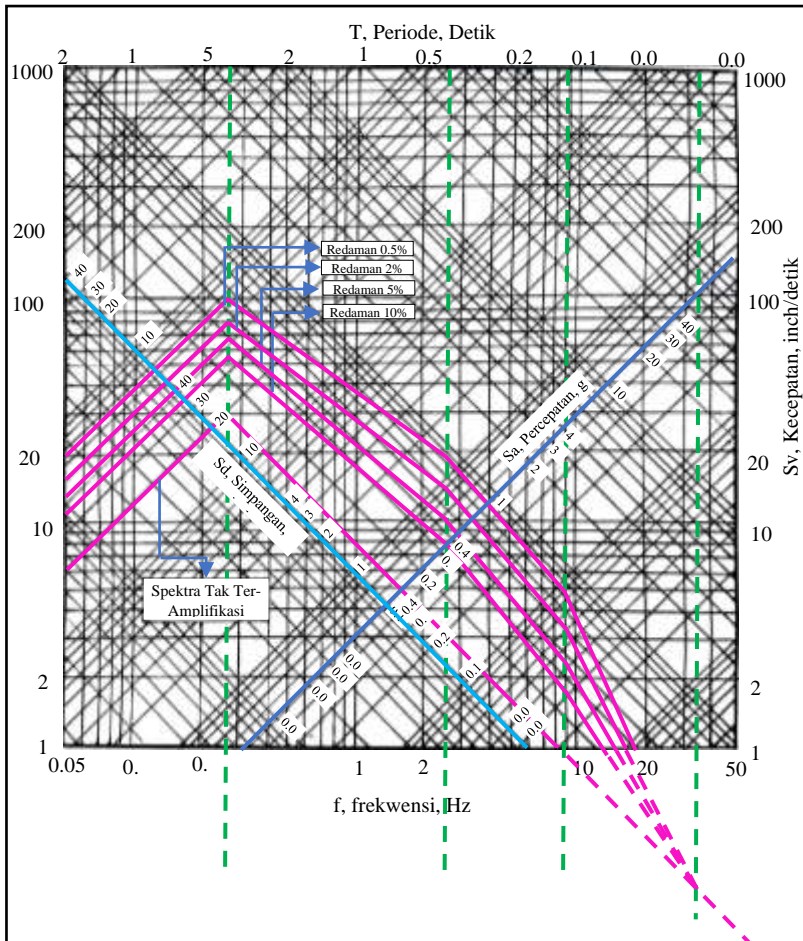
% Redaman kritik	Faktor Amplifikasi			
	Percepatan			Perpindahan
	A = 33 Hz	B = 9 Hz	C = 2.5 Hz	D = 0.25 Hz
0.5	1.0	4.96	5.59	3.20
2.0	1.0	3.54	4.25	2.50
5.0	1.0	2.61	3.13	2.05
10.0	1.0	1.90	2.28	1.70

Maka, gunakan PGA dengan menggunakan atenuasi matuscka sebesar 0.146 g. Dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil PGA Atenuasi Matuscka yang Telah Dipengaruhi Faktor Amplifikasi

% Red. Kritik	Faktor Amplifikasi							
	Percepatan						Perpindahan	
	A = 33 Hz		B = 9 Hz		C = 2.5 Hz		D = 0.25 Hz	
0.5	1	0.146	4.96	0.727	5.95	0.872	3.2	0.469
2	1	0.146	3.54	0.519	4.25	0.623	2.5	0.366
5	1	0.146	2.61	0.382	3.13	0.459	2.05	0.300
10	1	0.146	1.9	0.278	2.28	0.334	1.7	0.249

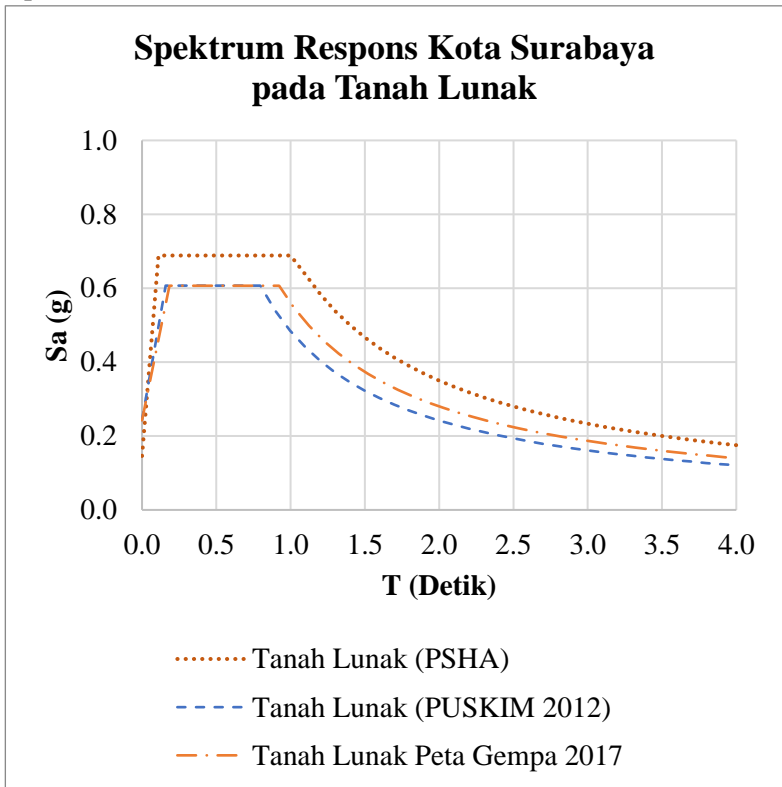
Berikut merupakan hasil grafik amplifikasi setiap redaman yang terjadi :



Gambar 4. 7 Diagram Spektra Rancang untuk Kota Surabaya (7,15° LS dan 112,75° BT), Model Atenuasi oleh Matuscka, Faktor Amplifikasi oleh NRC.

4.2.7 Penggambaran Respond Spectrum

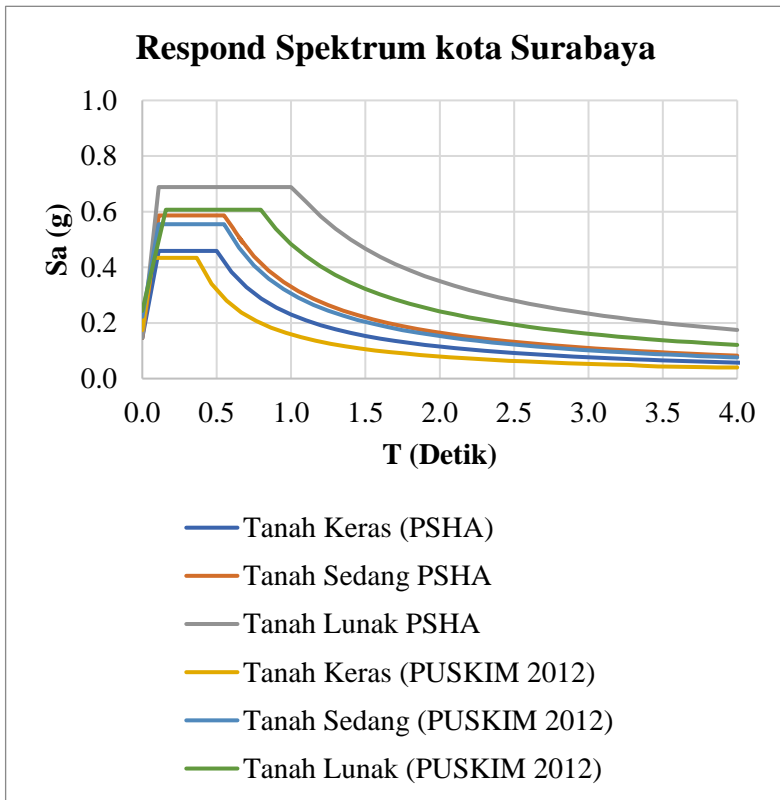
Berdasarkan diagram yang telah terbuat, maka garis-garis tersebut akan diimplementasikan dalam membuat respond spectrum. Dalam hal ini, respond spectrum yang akan dibandingkan dengan hasil respond spectrum pada www.puskim.go.id merupakan diagram yang memiliki redaman 5% (berdasarkan SNI 1729-2012) dengan situs tanah lunak. Berikut merupakan hasil perbandingan respond spektrum.



Gambar 4. 8 Perbandingan Hasil Respond Spectrum Metode PSHA dengan Puskim 2012

Pada respond spektrum puskim memiliki nilai S_a sebesar 0.607 g sedangkan pada beban gempa bersumber USGS yang diteliti memiliki nilai S_a sebesar 0.689 g. sehingga memiliki selisih 4,9%.

Pada gambar berikut merupakan hasil seluruh respond spectrum perbandingan perhitungan PSHA dengan PUSKIM 2012 untuk seluruh jenis tanah.



Gambar 4. 9 Rekapitulasi Hasil Perbandingan Respond Spectrum dengan Perhitungan PSHA dan PUSKIM 2012

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1 Beban Gravitasi

Pada perhitungan beban gravitasi seputar beban hidup dan beban mati dimana mengacu pada peraturan SNI 1727-2013 untuk beban hidup dan ASCE 7-2002 Tabel C3-1 untuk beban mati. Adapun beban gravitasi yang akan diterapkan pada perhitungan dan program bantu ETABS 17.0.1.

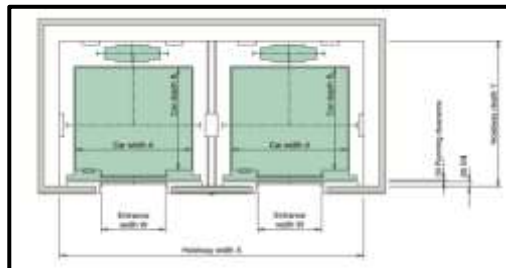
5.1.1 Beban Mati (DL)

Beban mati memiliki dua jenis yakni beban mati terhadap berat struktur sendiri serta berat permanen yang terdapat pada gedung seperti halnya lantai atap, dinding, plafon, partisi serta beban lainnya. Dalam perhitungan berikut merupakan nominal dari beban-beban tersebut berdasarkan peraturan ASCE 7-2002 tabel C3-1:

1. Berat Sendiri elemen struktur (*Self weight*, DL)
Berat beton : 23,6 kN/m³ : **2360 kg/m²**
2. Berat sendiri tambahan (*Superimposed dead load*, SDL)
 - Berat dinding bata ringan : 600 kg/m³
Dimana untuk tebal 0,15 m dan tinggi 3,5 m adalah :
: 600 kg/m³ x 0,15 x 3,5 m : **315 kg/m²**
 - Beban keramik + spesi : 1,10 kN/m² : **110 kg/m²**
 - Beban ducting mechanical : 0,19 kN/m² : **19 kg/m²**
 - Beban plafon : 0,05 kN/m² : **5 kg/m²**
 - Beban penggantung : 0,10 kN/m² : **10 kg/m²**
 - Beban lapisan waterproofing : 0,05 kN/m² = **5 kg/m²**
 - Beban Lift: yang digunakan adalah merk *Toshiba* tipe *New ELBRIGHT* dengan spesifikasi yang tersedia di brosur sebagai berikut:

Tabel 5. 1 Spesifikasi Elevator

Kapasitas	18	Orang
Kecepatan	300	m/min
Kapasitas beban	1350	Kg
Dimensi pintu masuk	1100 × 2100	Mm
Dimensi <i>car</i>	2000 × 1500	mm
Dimensi ruang mesin	5600 × 3800	mm
Ruang <i>hoistway</i>	5150 × 2325	Mm
R1 ruang mesin	78	kN
R2 ruang mesin	132.16	kN
R1	168.5	kN
R2	148.1	kN

**Gambar 5. 1** Denah Hoistway

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:



Gambar 5. 2 Potongan Hoistway

Panjang balok penggantung lift = 2.5 m

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

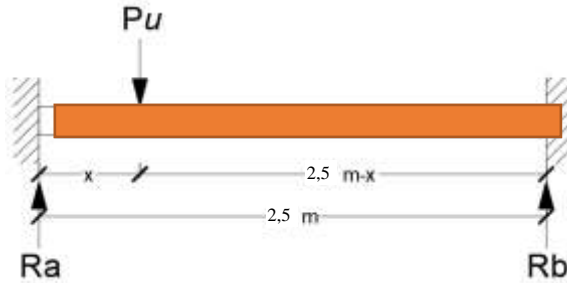
$$R_a = R_1 \cdot 1,5 = 168,5 \text{ kN} \cdot 1,5 = 252,75 \text{ kN}$$

$$R_b = R_2 \cdot 1,5 = 148,1 \text{ kN} \cdot 1,5 = 222,15 \text{ kN}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 2.5 \text{ m} \cdot 252.75 \text{ kN} - P_u \cdot x$$

$$P_u = \frac{631,875 \text{ kN.m}}{x}$$



Gambar 5. 3 Pembebanan Balok Elevator

$$\begin{aligned} \sum M_a &= 0 \\ 0 &= 2.5 \text{ m} \times 222.15 \text{ kN} - P_u \times (2.5 \text{ m} - x) \\ 0 &= 555,375 \text{ kN.m} - \frac{631,875 \text{ kN.m}}{x} \times (2.5 \text{ m} - x) \\ 0 &= 555,375 \text{ kN.m} - \frac{1579,68 \text{ kN.m}^2 + 631,875x \text{ kN.m}}{x} \\ 0 &= 1187,25 \text{ kN.m} - \frac{1579,68 \text{ kN.m}^2}{x} \\ x &= \frac{1579,68 \text{ kN.m}^2}{1187,25 \text{ kN.m}} \\ x &= 1.33 \text{ m} \\ P_u &= \frac{631,875 \text{ kN.m}}{x} = \frac{631,875 \text{ kN.m}}{1.33} = 475,09 \text{ kN} \end{aligned}$$

5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup sendiri terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati dan beban akibat fenomenal alam. Pada beban hidup sendiri tergantung oleh jenis ruangan yang telah diatur pada SNI 127-2013 Tabel 4.1 sebagai berikut :

- Ruang kantor : $2,5 \text{ kN/m}^2$: **250 kg/m²**
- Lobi : $4,79 \text{ kN/m}^2$: **479 kg/m²**

- Balkon / dek : $3,6 \text{ kN/m}^2$: **360 kg/m^2**
- Garasi : $1,92 \text{ kN/m}^2$: **192 kg/m^2**
- Atap Taman : $4,79 \text{ kN/m}^2$: **479 kg/m^2**
- Beban bordes dan anak tangga : $1,33 \text{ kN}$: 133 kg
 Jika jumlah anak tangga = 22 buah
 Total beban = $133 \text{ kg} \times 22 = 2926 \text{ kg}$
 Area tangga utama rencana = $18,375 \text{ m}^2$
 Area tangga darurat rencana = $18,732 \text{ m}^2$
 Beban merata pada bordes dan anak tangga :

$$\frac{2926 \text{ kg}}{18,375 \text{ m}^2} = 159,238 \text{ kg/m}^2 \text{ dan } \frac{2926 \text{ kg}}{18,732 \text{ m}^2} = 156,203 \text{ kg/m}^2$$

5.1.2 Beban Air Hujan (R)

Beban air hujan sendiri berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 8.3, beban hujan rencana sebagai berikut:

$$R = 0,0098.(d_s + d_H)$$

Dengan.

d_s : tinggi statis

d_H : tinggi hidrolik

Apabila direncanakan $d_s = 10 \text{ mm}$ dan $d_H = 20 \text{ mm}$, maka :

$$R = 0,0098.(10+20) = 0,294 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{29,4 \text{ kg/m}^2}$$

5.2 Beban Angin (W)

Bangunan gedung dan struttur lain yang termasuk dalam sistem penahan beban angina utama (SPBAU) harus didesain dan dalam pelaksanaannya mampu untuk menahan beban angin dengan ketentuan sesuai dengan SNI 1727-2013. Beban angina dinding maksimum dan minimum yang terjadi akan didistribusikan pada kolom. Berikut uraian perhitungan beban angina yang akan terjadi pada struktur bangunan ini:

- a. Kecepatan angin dasar (V) : 34 knot = 17,5 m/s
(Berdasarkan angin terbesar selama periode tahun 2017-2018, diambil dari <http://surabayakota.bps.go.id>)
- b. Faktor arah angin (Kd) : 0,85 (SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1)
- c. Kategori Eksposur : B (SNI 1727-2013 Tabel 26.7-3)
- d. Faktor topografi (Kzt) : 1 (SNI 1727-2013 Tabel 26.8-2)
- e. Faktor efek angin (G) : 0,85 (SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1)
- f. Klasifikasi ketertutupan : Bangunan Tertutup
- g. Koefisien eksposur tekanan velositas, (Kz dan Kh)
Tinggi bangunan : 40,5 m
Zg : 365,76 m (SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1)
 α : 7 (SNI 1727-2013 Tabel 26.9-1)

$$K_z = K_h = 2,01 \cdot \left(\frac{Z}{Z_g}\right)^{\frac{2}{a}} = 2,01 \cdot \left(\frac{40,5 \text{ m}}{365,76 \text{ m}}\right)^{\frac{2}{7}} = 1,07$$

- h. Tekanan velositas, (q_z dan q_h)
 $q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$
 $= 0,613 \cdot 1,07 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot (17,5 \text{ m/s})^2$
 $= 171,03 \text{ N/m}^2$
- i. Koefisien tekanan eksternal (untuk dinding pada gedung)
Panjang bangunan, L = 53,98 m
Lebar bangunan, B = 18,04 m

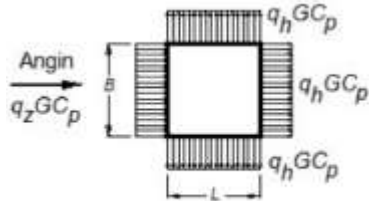
$$L/B = 53,98 \text{ m} : 18,04 \text{ m} = 2,99$$

$C_p = 0,8$ (Untuk dinding pada angin datang berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)

$C_p = -0,7$ (Untuk dinding pada angin tepi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4-1)

$C_p = -0,5$ (Untuk dinding pada angin pergi berdasarkan SNI 03-1727-2013 Gambar 27.4.2-1)

j. Pengaruh angin pada dinding:



Gambar 5.4 Pengaruh Angin pada Dinding

- Pada arah angin datang $= q_z \cdot G \cdot C_p$
 $= 171,03 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot 0,8$
 $= 116,3 \text{ N/mm}^2$
 $= 11,63 \text{ kg/cm}^2$
- Pada arah angin tepi $= q_h \cdot G \cdot C_p$
 $= 171,03 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot -0,7$
 $= -101,8 \text{ N/mm}^2$
 $= -10,18 \text{ kg/cm}^2$
- Pada arah angin $= q_h \cdot G \cdot C_p$
 $= 171,03 \text{ N/m}^2 \cdot 0,85 \cdot -0,5$
 $= -72,69 \text{ N/mm}^2$
 $= -7,27 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Beban Angin

Lantai	Tinggi Bangunan (z)	Zg	α	Kz /Kh	qz /qh	qz.G.Cp (Datang)	qz.G.Cp (Tepi)	qz.G.Cp (Pergi)
	(m)	(m)			(N/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
1	3.5	365.76	7	0.532	84.968	5.778	-5.056	-3.611
2	7	365.76	7	0.649	103.578	7.043	-6.163	-4.402
3	10.5	365.76	7	0.729	116.300	7.908	-6.920	-4.943
4	14	365.76	7	0.791	126.263	8.586	-7.513	-5.366
5	17.5	365.76	7	0.843	134.575	9.151	-8.007	-5.719
6	21	365.76	7	0.888	141.771	9.640	-8.435	-6.025
7	24.5	365.76	7	0.928	148.154	10.074	-8.815	-6.297
8	28	365.76	7	0.965	153.916	10.466	-9.158	-6.541
9	31.5	365.76	7	0.998	159.184	10.824	-9.471	-6.765
10	35	365.76	7	1.028	164.048	11.155	-9.761	-6.972
11	38.5	365.76	7	1.056	168.577	11.463	-10.030	-7.165
12	40.5	365.76	7	1.072	171.034	11.630	-10.177	-7.269

Dari rekapitulasi beban angina idatas jika dibandingkan dengan syarat di SNI 1727-2013 pasal 27.1.5, maka beban angina desain minimum adalah 0,77 kN.m² untuk dinding bangunan, melihat hasil diatas ternyata masih kurang dari desain minimum. Sehingga untuk permodelan nanti akan digunakan desain minimum yang direkap sebagai berikut:

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Beban Angin

Lantai Bangunan	Tinggi Bangunan (z)	Zg	a	Kz Kh	qz/qh	qz.G.Cp (Datang)	qz.G.Cp (Tepi)	qz.G.Cp (Pergi)
	(m)	(m)			(N/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
1	3.5	365.76	7	0.5325	84.968	77	-77	-77
2	7	365.76	7	0.6491	103.577	77	-77	-77
3	10.5	365.76	7	0.7288	116.299	77	-77	-77
4	14	365.76	7	0.7913	126.262	77	-77	-77
5	17.5	365.76	7	0.8434	134.574	77	-77	-77
6	21	365.76	7	0.8884	141.770	77	-77	-77

7	24.5	365.76	7	0.9285	148.154	77	-77	-77
8	28	365.76	7	0.9646	153.915	77	-77	-77
9	31.5	365.76	7	0.9976	159.183	77	-77	-77
10	35	365.76	7	1.0281	164.048	77	-77	-77
11	38.5	365.76	7	1.0564	168.577	77	-77	-77
12	40.5	365.76	7	1.0718	171.034	77	-77	-77

5.3 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan struktur bangunan gedung beton harus mampu menerima beban kombinasi dibawah ini berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.2 :

- 1 1,4 D
- 2 1,2 D + 1,6 L + 0,5 Lr
- 3 1,2 D + 1,6 L + 0,5 R
- 4 1,2 D + 1,6 Lr + 1,0 L
- 5 1,2 D + 1,6 Lr + 0,5 W
- 6 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 Lr
- 7 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5 R
- 8 0,9 D + 1,0 W
- 9 1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L
- 10 1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L
- 11 0,9 D + 1,0 EX
- 12 0,9 D + 1,0 EY
- 13 1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L
- 14 1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L

Keterangan :

D : Beban Mati

Lr : Beban Hidup Atap

L : Beban Hidup

R : Beban Hujan

W : Beban Angin

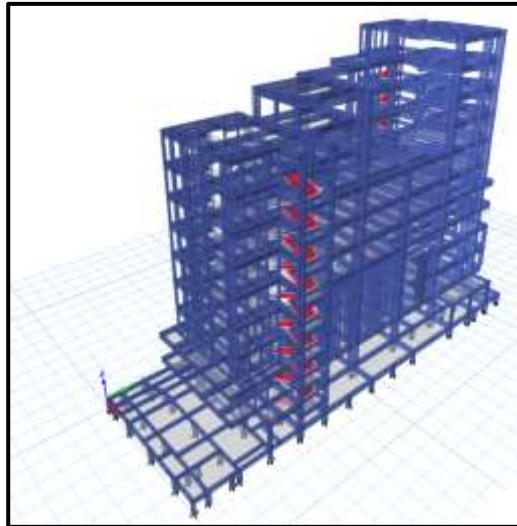
E : Beban Gempa

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI ANALISA PERMODELAN

6.1 Permodelan Struktur dengan SRPM

Berikut merupakan permodelan terhadap bangunan model *undeformed shape* struktur bangunan dengan SRPM, dengan menggunakan program bantu ETABS 17.0.1 :

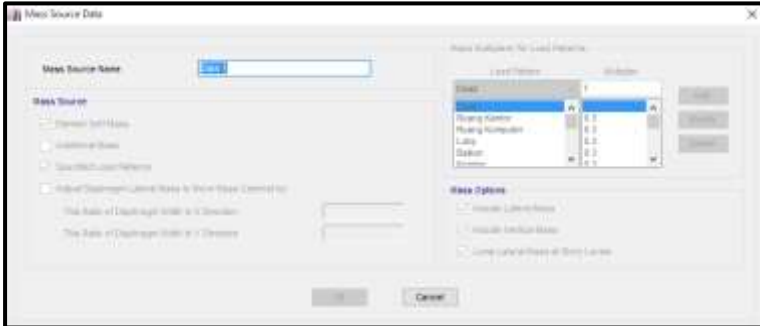


Gambar 6. 1 Permodelan Struktur SRPM pada ETABS 17.0.1

6.1.1 Besaran Massa

Besaran massa atau yang lebih dikenal dengan *mass source* yang terdapat pada program bantu ETABS merupakan fungsi yang digunakan dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban-beban tambahan dengan pembesaran sesuai dengan jenis bebannya. Sehingga berikut merupakan angka-angka dari massa beban yang akan dimasukkan sesuai dengan jenis beban:

- Beban mati tambahan, SDL seperti halnya keramik+spesi, plafon, penggantung, lapisan waterproof dll yang ada pada sub-bab 5.1.1 : *multiplier* 1,0
- Beban hidup : *multiplier* 0,3



Gambar 6. 2 Input *Mass Source* pada ETABS 17.0.1

6.1.2 Pengaruh Arah Gempa

Pada kali ini akan ditinjau pengaruh arah gempa horizontal yang dibagi dalam dua arah, yakni :

1. Gempa arah x dengan komposisi 100% E_x + 30% E_y
2. Gempa arah y dengan komposisi 30% E_x + 100% E_y

6.1.3 Modal Analisis dan Ragam Analisis

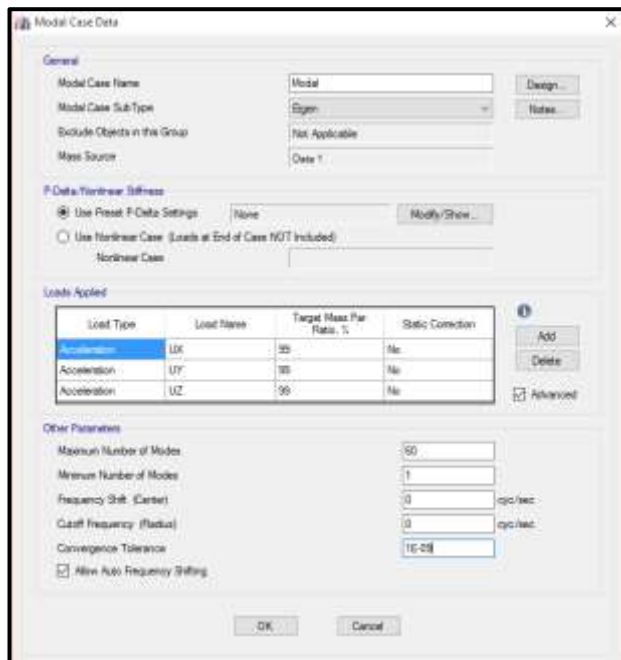
Dalam menganalisis modal yang digunakan yakni 5 kali jumlah lantai, pada gedung IGS memiliki 12 lantai sehingga *modes* berjumlah 60. Untuk memberikan keyakinan bahwa menjamin akan partisipasi massa yang terlibat melebihi 90% maka partisipasi massa dari struktur yang akan diambil bernilai 99% terhadap gaya lateral kearah X dan kearah Y. Berikut merupakan input analisa modal yang diterapkan pada permodelan:

6.1.4 Faktor Skala Gaya Beban Gempa

Faktor skala gaya diambil dari persamaan berikut:

$$\text{Faktor Pembebanan, } U_1 = \frac{I_c}{R} \cdot g$$

$$= \frac{1,0}{6,5} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 1,509$$



Gambar 6. 3 Input modal dan ragam analisis ETABS 17.0.1

Nilai faktor pembebanan tersebut merupakan nilai untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan untuk arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan mendapatkan nilai sebesar 30% dari faktor pembebanan yang ditinjau, sehingga faktor pembebanan untuk arah gempa yang tegak lurus sebesar :

Faktor pembebanan, $U_2 = 30\% \times 1,509 = 0,452$

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PSHA	1510
Acceleration	U2	PSHA	450

Gambar 6. 4 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PSHA	450
Acceleration	U2	PSHA	1510

Gambar 6. 5 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y

6.1.5 Kontrol Periode Fundamental SRPM

Agar struktur tidak terlalu fleksibel maka perlu adanya pembatasan nilai T (waktu getar alami oleh struktur), sehingga dirumuskan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 2015 sebagai berikut :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana : h_n : Ketinggian Struktur

C_t : Parameter pendekatan tipe struktur

x : Parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 1 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 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

Maka, nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$, sehingga :

$$T_a = 0,0466 \times (40,5)^{0,9} = 1,303 \text{ detik}$$

Berikut merupakan tabel batas atas periode fundamental struktur berdasarkan SNI 1723-2012 Tabel 1 sebesar :

Tabel 6. 2 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{ds}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sehingga batas atas yang dimiliki struktur bernilai :

$$C_u \times T_a = 1,4 \times 1,303 \text{ detik} = 1,824 \text{ Detik.}$$

Dari permodelan struktur yang telah dilaksanakan menggunakan ETABS, berikut merupakan hasil yang didapatkan:

Tabel 6. 3 Modal Load Paticipation Ratio

Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	105.39	90.85
Modal	Acceleration	UY	100.26	97.28
Modal	Acceleration	UZ	104.96	88.14

Tabel 6. 4 Periode Struktur pada Modal di Program ETABS 17.0.1 untuk 10 Mode pertama

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.965	0.509	3.827	14.6461
Modal	2	1.706	0.586	4.308	18.5586
Modal	3	1.135	0.881	6.1653	38.0109
Modal	4	0.582	1.717	11.4161	130.3279
Modal	5	0.512	1.952	13.5196	182.7808
Modal	6	0.466	2.144	14.098	198.7544
Modal	7	0.432	2.313	15.1598	229.8186
Modal	8	0.414	2.413	15.1624	229.8985
Modal	9	0.412	2.429	15.26	232.8683
Modal	10	0.410	2.437	15.3099	234.3937

Perbandingan nilai untuk oeriode fundamental struktur sebagai berikut:

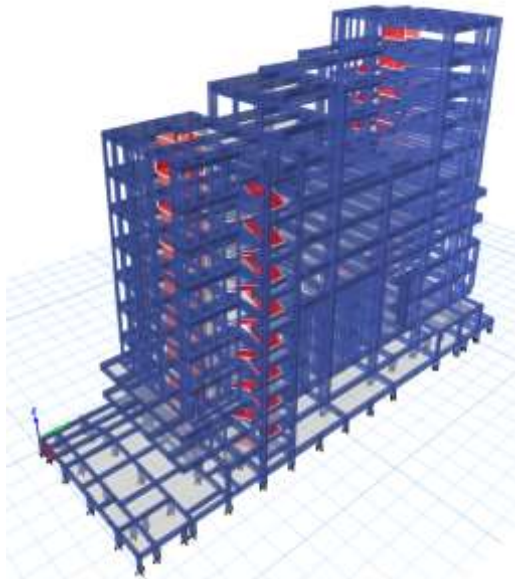
$$T_a \leq T \leq C_u.T_a$$

$$1,303 \text{ detik} \leq 1.965 \text{ detik} \leq 1,824 \text{ detik}$$

Dengan periode struktur tersebut tidak memenuhi persyaratan maka dari itu perlu dikecilkannya periode struktur dengan menambahkan *shearwall* atau dinding geser pada struktur.

6.2 Permodelan Struktur dengan *Dual System*

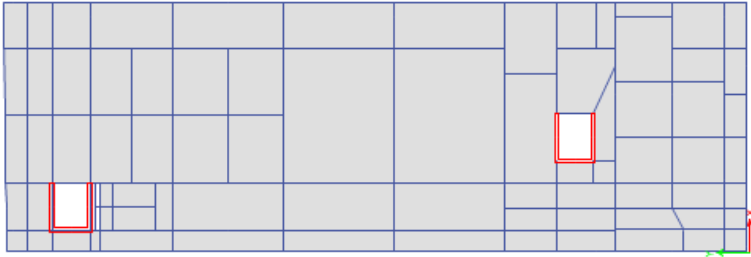
Permodelan *undeformed shape* struktur bangunan dengan Dual System yaitu berupa *shearwall* berjenis “Core Wall” dan SRPMK dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. 6 Permodelan Struktur Bangunan *Dual Sytem* dengan ETABS 17.0.1

Pada struktur ini untuk sistem penahan yang searah dengan sumbu Y akan menggunakan sistem penahan gaya seismik berupa *shearwall* atau dinding geser, sedangkan yang searah dengan sumbu X akan menggunakan sistem penahan gaya seismik rangka beton bertulang khusus atau

SRPMK. Hal ini akan diaplikasikan pada permodelan struktur dengan penempatan *shearwall* sebagai berikut:



Gambar 6. 7 Letak Shearwall

6.2.1 Perhitungan Faktor Gaya Beban Gempa

Pada uraian perhitungan faktor gaya beban gempa ini akan menggunakan beban gempa desain metode PSHA dan akan ditabelkan hasil perbandingannya dengan beban gempa desain PUSKIM 2012.

Perhitungan faktor skala gempa menggunakan perumusan berikut:

- Untuk SRPMK (Arah X)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_c}{R} \cdot g \\ &= \frac{1,0}{8} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 1,22 \end{aligned}$$

- Untuk Shearwall (Arah Y)

$$\begin{aligned} \text{Faktor pembebanan} &= \frac{I_c}{R} \cdot g \\ &= \frac{1,0}{7} \cdot 9,81 \text{m/s}^2 = 1,4 \end{aligned}$$

Nilai tersebut merupakan teruntuk arah gaya yang akan ditinjau pada masing-masing arah secara tegak lurus dari peninjauan tersebut diambil sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala tegak lurus sebagai berikut:

- Untuk SRPMK (Arah X)
Faktor pembebanan = 30%. Arah y = 0,42
- Untuk Sherawall (Arah Y)
Faktor pembebanan = 30%. Arah x = 0,36

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PSHA	1220
Acceleration	U2	PSHA	420

Gambar 6. 9 Input Faktor Skala Gaya pada Arah X

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	PSHA	366
Acceleration	U2	PSHA	1400

Gambar 6. 8 Input Faktor Skala Gaya pada Arah Y

6.2.2 Kontrol Periode Fundamental Dual System

Untuk mencegah adanya struktur yang terlalu fleksible maupun struktur yang terlalu kaku maka dibutuhkan suatu Batasan. Pertama cek kontrol untuk struktur tidak terlalu fleksibel dengan perumusan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana : h_n : Ketinggian Struktur

C_t : Parameter pendekatan tipe struktur

x : Parameter pendekatan tipe struktur

Tabel 6. 5 Nilai Parameter Periode Pendekatan, C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang dasyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^{2a}	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^{2a}	0,9
Rangka baja dengan beesang eksentris	0,0731 ^{2a}	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^{2a}	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^{2a}	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK mendapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$ sehingga :

$$T_a = 0,0466 \cdot (40,5 \text{ m})^{0,9} = 1,69 \text{ detik}$$

Untuk nilai struktur *shearwall* mendapatkan nilai $C_t = 0,0488$ dan $x = 0,75$ sehingga :

$$T_a = 0,0488 \cdot (40,5 \text{ m})^{0,75} = 1,48 \text{ detik}$$

Dengan batas atas periode fundamental struktur berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 Tabel 14 sebagai berikut:

Tabel 6. 6 Koefisien Batas Atas Periode Stuktur

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{ds}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sehingga :

- $C_u \cdot T_{a,SRPMK} = 1,4 \cdot 1,69 \text{ detik} = 2,38 \text{ detik}$
- $C_u \cdot T_{a,Shearwall} = 1,4 \cdot 1,48 \text{ detik} = 2,08 \text{ detik}$

Berikut merupakan output dari permodelan ETABS:

Tabel 6. 7 Modal Load Participation Ratio

Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	101.8	91.18
Modal	Acceleration	UY	102.85	97.33
Modal	Acceleration	UZ	109.01	88.91

Tabel 6. 8 Perioda Struktur terhadap 5 Mode Pertama

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	1.834	0.545	3.8452	14.7857
Modal	2	1.517	0.659	6.1785	38.1739
Modal	3	0.839	1.192	11.6533	135.7986
Modal	4	0.664	1.506	13.5381	183.2808
Modal	5	0.432	2.315	14.5336	211.2264

Didapatkan dari program ETABS 17.0.1 sebagai berikut:

$$T_{.SRPMK} (\text{Mode 1}) = 1,834$$

$$T_{.SHEARWALL} (\text{Mode 2}) = 1,517$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur SRPMK sebagai berikut:

$$T_a \leq T \leq C_u.T_a$$

$$1,69 \text{ detik} \leq 1.834 \text{ detik} \leq 2,37 \text{ detik}$$

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur SRPMK sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T_a &\leq T &\leq C_u.T_a \\ 1,48 \text{ detik} &\leq 1,517 \text{ detik} &\leq 2,07 \text{ detik} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, maka perioda struktur telah terpenuhi sesuai dengan persyaratan *Dual System*, sehingga struktur diatas sudah dapat dipakai.

6.2.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Perlunya menghitung suatu kontrol gaya dinamis terhadap struktur untuk dapat mengetahui apakah gaya yang diterima dari suatu spektrum respons sudah memenuhi persyaratan terhadap SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1.

Berikut merupakan uraian perhitungan terhadap nilai koefisien C_s :

1. Nilai C_s minimum :

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I \geq 0,01 \\ &= 0,044 \cdot 0,687 \cdot 1 \geq 0,01 \\ &= 0,030 \geq 0,01 \end{aligned}$$

2. Nilai C_s :

➤ Untuk SRPMK (arah x):

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,687}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,085$$

➤ Untuk Shearwall (arah y):

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,687}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,098$$

3. Nilai C_s max :

➤ Untuk SRPMK (arah x):

$$C_s \text{ Max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,583}{1,834 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,040$$

➤ Untuk shearwall (arah y):

$$C_s \text{ Max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,583}{1,517 \cdot \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,055$$

Dari perhitungan nilai C_s di atas dapat direkapitulasi pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. 9 Rekapitulasi Nilai C_s

Rekapitulasi	C_s Min	C_s	C_s max	C_s Pakai
Arah X	0,030	0,086	0,040	0,040
Arag Y	0,030	0,098	0,055	0,055

Penentuan gaya geser dinamis pada struktur menggunakan persamaan berikut:

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s : Koef. Respond Seismic

W_t : Total beban mati truktur, beban mati tambahan dan beban hidup

Tabel 6. 10 Berat Struktur yang didapatkan dari base reaction dengan beban gempa desain metode PSHA

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	kN	kN	kN
1,0 D + 1,0 L	0.000002284	0.000000604	65173.214

Sehingga perhitungan sebagai berikut:

Berat struktur total: 65173.214 kN = 6517321.4 kg

➤ Untuk nilai arah X:

$$V_x = 0,040 \times 6.517.321,4 \text{ kg} = 258.969,355 \text{ kg}$$

$$0,85 V_x = 0,85 \times 258.969,355 \text{ kg} = 220.123,95 \text{ kg}$$

➤ Untuk nilai arah Y:

$$V_y = 0,055 \times 6.517.321,4 \text{ kg} = 357.811,317 \text{ kg}$$

$$0,85 V_y = 0,85 \times 357.811,317 \text{ kg} = 304.139,61 \text{ kg}$$

Hasil analisa dinamis gaya geser gempa PSHA dari ETABS didapatkan sebagai berikut:

Tabel 6. 11 Base Reaction untuk Gaya Geser
Gempa metode PSHA

TABLE: Base Reactions			
Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	N	N	N
EX Max	3488.21	1750.48	428.90
EY Max	1293.20	5398.01	415.90

Sehingga:

Untuk arah X = 348.831 kg > 220.123,95 kg (OK)

Untuk arah Y = 539.801 kg > 304.139,61 kg (OK)

Dalam perhitungan ini memiliki ketentuan yakni $V_{baseshear} > 0,85 V$, sehingga struktur yang menerima beban gempa desain metode PSHA telah memenuhi.

6.3 Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Sistem rangka pemikul momen harus memikul minimal 25% dari beban geser nominal total yang bekerja pada struktur bangunan yang sesuai dengan peraturan SNI 1726-2012.

Sehingga, pada sub-bab ini akan memperlihatkan perhitungan seberapa besar presentasi beban yang akan dihasilkan antara *base shears* yang dihasilkan oleh SRPM dan Shearwall pada masing-masing kombinasi pembebanan gempa. Berikut merupakan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan dengan cara menjumlah reaksi perletakan SRPM dan *Shearwall*:

Tabel 6. 12 Tabel Perbandingan Base Shear Beban Gempa
Desain PSHA, PUSKIM 2010 dan PUSGEN 2017

No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Gaya (kg)					
		PUSKIM 2010		PUSGEN 2017		PSHA	
		Fx (kg)	Fy (kg)	Fx (kg)	Fy (kg)	Fx (kg)	Fy (kg)
1	0,9 D + 1,0 EX Max	145679.8	188543.4	147515.4	190919.0	151749.8	196399.3
	0,9 D + 1,0 EX Min	-139791.7	-201705.1	-141553.1	-204246.6	-145616.4	-210109.5
2	0,9 D + 1,0 EY Max	158095.7	435983.5	160087.7	441476.9	164683.1	454149.5
	0,9 D + 1,0 EY Min	-152207.7	-449145.3	-154125.5	-454804.5	-158549.7	-467859.7
3	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Max	207404.8	188556.6	210018.1	190932.4	216046.7	196413.2
	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Min	-174066.7	-201691.8	-176260.0	-204233.1	-181319.5	-210095.6
4	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Max	123820.7	435996.9	125380.9	441490.4	128979.9	454163.4
	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Min	-113596.2	-449132.0	-115027.6	-454791.0	-118329.4	-467845.8
5	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Max	163118.7	246289.6	165174.0	249392.8	169915.4	256551.7
	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Min	-151755.0	-261033.3	-153667.1	-264322.4	-158078.1	-271909.7
6	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Max	139155.5	567961.9	140908.9	575118.2	144953.7	591627.0
	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Min	-128173.3	-582705.6	-129788.3	-590047.7	-133513.9	-606985.0

Tabel 6. 13 Rekapitulasi besar gaya yang
ditumpu oleh SRPM dan Shearwall

No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Gaya (kg)			
		Fx		Fy	
		SRPM (kg)	Shearwall (kg)	SRPM (kg)	Shearwall (kg)
1	0,9 D + 1,0 EX Max	126734.88	25015.0	96260.08	100139.26
	0,9 D + 1,0 EX Min	-126789.99	-18826.4	-80659.15	-129450.4
2	0,9 D + 1,0 EY Max	140378.40	24304.7	199560.65	254588.9
	0,9 D + 1,0 EY Min	-140433.56	-18116.1	-183959.69	-283900.0
3	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Max	188773.10	27273.6	101792.63	94620.5
	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Min	-164751.70	-16567.8	-75126.53	-134969.1
4	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Max	102416.68	26563.3	205093.26	249070.2
	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Min	-102471.92	-15857.5	-178427.09	-289418.7
5	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Max	135687.40	34228.0	129283.93	127267.7
	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Min	-135312.32	-22765.8	-100710.96	-171198.8
6	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Max	111649.11	33304.6	263574.74	328052.2
	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Min	-111671.48	-21842.4	-235001.71	-371983.3

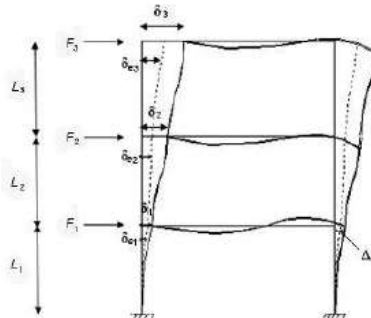
Tabel 6. 14 Rekapitulasi Presentasi Struktur dalam Menahan Gaya Gempa

No	Kombinasi Pembebanan Gempa	Gaya (kg)			
		Fx		Fy	
		SRPM	Shearwall	SRPM	Shearwall
		%	%	%	%
1	0,9 D + 1,0 EX Max	83.52	16.48	49.01	50.99
	0,9 D + 1,0 EX Min	87.07	12.93	38.39	61.61
2	0,9 D + 1,0 EY Max	85.24	14.76	43.94	56.06
	0,9 D + 1,0 EY Min	88.57	11.43	39.32	60.68
3	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Max	87.38	12.62	51.83	48.17
	1,2 D + 1,0 EX + 1,0 L Min	90.86	9.14	35.76	64.24
4	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Max	79.41	20.59	45.16	54.84
	1,2 D + 1,0 EY + 1,0 L Min	86.60	13.40	38.14	61.86
5	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Max	79.86	20.14	50.39	49.61
	1,31 D + 1,3 EX + 1,0 L Min	85.60	14.40	37.04	62.96
6	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Max	77.02	22.98	44.55	55.45
	1,31 D + 1,3 EY + 1,0 L Min	83.64	16.36	38.72	61.28

Pada rekapitulasi diatas, didapatkan hasil bahwa SRPM semua dapat menerima hasil pembebanan gempa dengan minimal 25%, sehingga struktur ini telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda atau *dual system*.

6.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Pada perhitungan simpangan antar lantai diperlukannya nilai perpindahan elastis (δ_{xe}) dari analisis struktur. Setelah menghitung nilai tersebut akan dikalikan faktor pembesaran dengan rumus Cd/Ie . Lalu akan diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat di bawahnya. Setelah itu, harus dikontrol dengan batas simpangan atau yang disebut defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan yang ada pas SNI 1726-2012 berikut:



Gambar 6. 10 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Dengan perumusan dalam menghitung defleksi pusat massa:

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

Dimana :

C_d = Faktor Pembesaran Defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor Keutamaan = 1,0 (Tabel 2 SNI 1726-2012)

Untuk mendapatkan nilai ijin simpangan antar lantai (Δ_i), berdasarkan Tabel 16 SNI 1726-2012 sebagai berikut:

Tabel 6. 15 Simpangan Ijin Antar Lantai, Δ_i

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.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Sehingga berlaku nilai $\Delta_i = 0,020 h_{sx}$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil analisa simpangan antar lantai dengan gempa X:

Tabel 6. 16 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Lantai	δ_{ei} (Dari ETABS)	δ_i (Cd. δ_{ei}/I_e)	$\delta_{ei} - \delta_i$	Δ_i ($\delta_{ei} - \delta_{ei}(i-1)$).Cd/Ie	Δa (0,02 hsx)	Cek Syarat
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
12	38.5	3.5	83.5	306.3	222.7	53.07	70	OK
11	35	3.5	69.1	253.2	184.1	62.77	70	OK
10	31.5	3.5	51.9	190.4	138.5	34.10	70	OK
9	28	3.5	42.6	156.3	113.7	2.46	70	OK
8	24.5	3.5	42.0	153.9	111.9	27.43	70	OK
7	21	3.5	34.5	126.4	91.9	2.13	70	OK
6	17.5	3.5	33.9	124.3	90.4	18.77	70	OK
5	14	3.5	28.8	105.5	76.7	17.67	70	OK
4	10.5	3.5	24.0	87.9	63.9	14.70	70	OK
3	7	3.5	20.0	73.2	53.2	7.41	70	OK
2	3.5	3.5	17.9	65.7	47.8	25.41	70	OK
1	0	-1.5	11	40.333	29.333	40.33	70	OK

Berikut merupakan rekapitulasi hasil analisa simpangan antar lantai dengan gempa Y:

Tabel 6. 17 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Lantai	δ_{ei} (Dari ETABS)	δ_i (Cd. δ_{ei}/I_e)	$\delta_{ei} - \delta_i$	Δ_i ($\delta_{ei} - \delta_{ei}(i-1)$).Cd/Ie	Δa (0,02 hsx)	Cek Syarat
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Atap	40.5	2	56.0	205.5	149.4	31.06	40	OK
12	38.5	3.5	47.6	174.4	126.9	31.39	70	OK
11	35	3.5	39.0	143.0	104.0	11.95	70	OK
10	31.5	3.5	35.8	131.1	95.3	22.70	70	OK
9	28	3.5	29.6	108.4	78.8	9.39	70	OK
8	24.5	3.5	27.0	99.0	72.0	11.00	70	OK
7	21	3.5	24.0	88.0	64.0	7.33	70	OK
6	17.5	3.5	22.0	80.7	58.7	7.33	70	OK
5	14	3.5	20.0	73.3	53.3	1.80	70	OK
4	10.5	3.5	19.5	71.5	52.0	20.20	70	OK
3	7	3.5	14.0	51.3	37.3	12.83	70	OK
2	3.5	3.5	10.5	38.5	28.0	23.83	70	OK
1	0	-1.5	4	14.667	10.667	14.67	70	OK

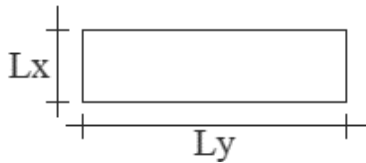
BAB VII DESAIN STUKTUR SEKUNDER

7.1 Perhitungan Struktur Plat Lantai

Pada sub-bab ini akan membahas tentang perhitungan kebutuhan tulangan terhadap masing-masing jenis plat yang dikelilingi oleh balok yang ada pada lantai 2 sampai lantai 11.

7.1.1 Analisis Sturktur Plat Lantai

Untuk analisa stuktur plat lantai menggunakan tabel koefisien momen dengan ketentuan-ketentuan yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 7. 1 Ketentuan pada Analisa Plat Lantai

Dimana : L_x = bentang plat pendek
 L_y = bentang plat Panjang

Berikut merupakan rekapan perhitungan beban yang diterima oleh plat yang bekerja adalah beban hidup dan beban mati sebagai berikut:

A. Beban mati:

beban sendiri plat	283.2 kg/m ²
beban keramik + spesi	110 kg/m ²
beban ducting mechanical	19 kg/m ²
beban plafond	5 kg/m ²
beban penggantung langit2	10 kg/m ²
qDL	<div style="border-top: 1px solid black; display: inline-block; width: 100%;"></div> 427.2 kg/m ² +

B. Beban Hidup

Ruang 11-12,qL (Atap taman)	479	kg/m ²
Ruang 2-10,qL (Ruang Kantor)	240	kg/m ²

C. Beban Kombinasi

$$\begin{aligned} 1,4 D &= 1.4 \times 427 \\ &= 598.08 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk Atap Taman
(lantai 11-12) :

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L &= 1.2 \times 427 + 1.6 \times 479 \\ &= 1279 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk Perkantoran
(lantai 2-10):

$$\begin{aligned} 1,2 D + 1,6 L &= 1.2 \times 427 + 1.6 \times 240 \\ &= 896.64 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk pengecekan pat lantai, akan digunakan beban terbesar beton untuk atap taman sebesar 1279 kg/m²

Untuk momen yang terjadi dihitung menggunakan koefisien momen PBI dengan rumus $M = 0,001 \cdot qL \cdot Lx^2 \cdot X$, misal satu contoh perhitungan plat sebagai berikut:

Plat A dengan Ukuran 3m x 3m

$Lx = 3m$ dan $Ly = 3m$

$$\beta_1 = \frac{3m}{3m} = 1 < 2 \text{ (Plat dua arah)}$$

Koefisien momen untuk nilai β_1 :

$$X_1 = 21 ; X_2 = 21 ; X_3 = 52 ; X_4 = 52$$

Maka untuk momen yang terjadi:

$$M_{lx} = 0,001 \cdot 1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 3m \cdot 21 = 241,738 \text{ kg.m}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot 1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 3m \cdot 21 = 241,738 \text{ kg.m}$$

$$M_{tx} = 0,001 \cdot 1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 3m \cdot 54 = 598,590 \text{ kg.m}$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot 1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 3m \cdot 54 = 598,590 \text{ kg.m}$$

Dan berikut tabel rekapitulasi perhitungan momen menurut table PBI untuk semua plat:

Tabel 7. 1 Rekapitulasi Jenis Plat

No	Nama
1	A (3m x 3m)
2	B (5m x 3 m)
3	C (3m x 2,3m)
4	D (3 m x 1,5 m)
5	E (1,7 m x 1,5 m)
6	F (6 m x 1,5 m)
7	G (2,3 m x 1,5 m)

Tabel 7. 2 Tabel Rekapitulasi Hasil Perhitungan Momen menurut Tabel PBI

Plat	Ly	Lx	B1	X1	X2	X3	X4	Mlx	Mly	Mtx	Mty	Keterangan
	m	m						kg.m	kg.m	kg.m	kg.m	
A	3	3	1	21	21	52	52	241.7	241.7	598.6	598.6	Plat dua Arah
B	5	3	1.6	40	13	82	57	147.9	48.1	303.1	210.7	Plat dua Arah
C	3	2.3	1.3	31	19	69	57	209.7	128.6	466.9	385.7	Plat dua Arah
D	3	1.5	2.0	41	12	83	57	118.0	-	238.9	-	Plat Satu Arah
E	1.7	1.5	1.1	25	21	59	54	71.9	60.4	169.8	155.4	Plat dua Arah
F	6	1.5	4	41	11	83	57	118.0	-	238.9	-	Plat Satu Arah
G	2.3	1.5	1.5	36	17	76	48	103.6	48.9	218.7	138.1	Plat dua Arah

Berikut merupakan tabel perbandingan momen yang terjadi yang dari perhitungan tabel koefisien dengan output ETABS 17.0.1 :

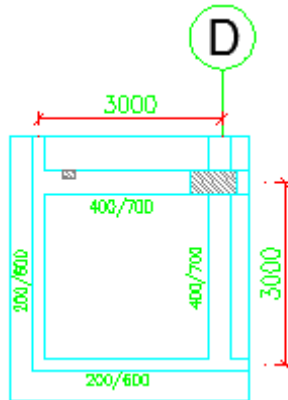
Tabel 7. 3 Tabel Perbandingan Hasil Momen pada Plat Lantai

Tipe Plat	Momen Terjadi (kg.m)							
	ETABS 17.01				Koef. Momen PBI 1971			
	Lapangan		Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	
	x	y	x	y	x	y	x	y
A (3m x 3m)	605	786.5	-656	-847	241.7	241.7	598.59	598.5
B (5m x 3 m)	291.9	152	-283	-280.1	147.8	48.0	303.11	210.6
C (3m x 2,3m)	1311	1347.6	-540	-469	209.7	128.5	466.86	385.6
D (1,5 m x 3m)	675	-	-167	-	117.9	-	238.86	-
E (1,5 m x 1,7m)	334	110.8	-321	-477.5	71.9	60.4	169.79	155.4
F (1,5 m x 6 m)	642	-	-424	-	117.9	-	238.86	-
G (1,5 m x 2,3 m)	847	848.2	-656	-652	103.6	48.9	218.72	138.1

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa momen yang dihasilkan oleh ETABS relatif lebih besar dari momen yang dihasilkan dari tabel koefisien momen PBI, sehingga untuk perhitungan kebutuhan tulangan akan menggunakan hasil dari ETABS.

7.1.2 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Satu Arah

Berikut merupakan satu contoh perhitungan manual kebutuhan tulangan tumpuan arah X pada Plat D :



Gambar 7. 2 Plat Satu Arah (Plat D)

$$L_y = 3000 \text{ mm}$$

$$L_x = 3000 \text{ mm}$$

$$L_n = 3000 \text{ mm} - \frac{200 \text{ mm}}{2} - \frac{400 \text{ mm}}{2} = 2700 \text{ mm}$$

$$S_n = 3000 \text{ mm} - \frac{200 \text{ mm}}{2} - \frac{400 \text{ mm}}{2} = 2700 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{2700 \text{ mm}}{2700 \text{ mm}} = 1 < 2 \text{ m (Plat Satu Arah)}$$

Pada tabel rekapitulasi didapatkan momen sebagai berikut:

$$M_{tx} = 655.5 \text{ kg.m} ; M_{ty} = 847,0 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = 605,0 \text{ kg.m} ; M_{ly} = 786,5 \text{ kg.m}$$

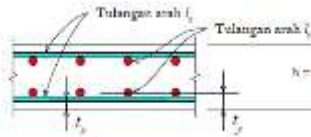
$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0028$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b \\ &= 0,75 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{25}{500} \cdot \left(\frac{600}{600+500} \right) \\ &= 0,014\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{500}{0,85 \cdot 25} = 23,52$$

Penulangan plat A :

Dengan tebal plat 120 mm dan penutup lantai setebal 30 mm:



$$\begin{aligned}d_y &= 120 - 30 - 10 - 5 \\ &= 75 \text{ mm} \\ d_x &= 120 - 30 - 5 \\ &= 85 \text{ mm}\end{aligned}$$

Mtx :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{655,5}{0,9} = 728,33 \text{ kg.m/m} = 7142510 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{7142510 \text{ Nmm/m}}{1000 \cdot 85^2} = 0,989$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 0,989}{500}} \right) \\ &= 0,0021 < \rho_{\min}\end{aligned}$$

Maka, $\rho_{\text{pakai}} = 0,0028$

- $A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d_x$

$$= 0,0028 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm} = 238 \text{ mm}^2$$

$$S.\text{maks} = 2h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan S pakai = 200 mm

$$As.\text{Pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S.\text{rencana}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200 \text{ mm}} = 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- $As' \text{ perlu} = 0,5 \cdot As.\text{perlu}$
 $= 0,5 \cdot 238 \text{ mm}^2 = 119 \text{ mm}^2$

$$S.\text{maks} = 2h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \text{ (SNI 2847-2013 Ps. 13.3.2)}$$

Direncanakan S pakai = 200 mm

$$As' \text{ Pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S.\text{rencana}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200 \text{ mm}} = 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak:

Pengecekan ini untuk mengetahui apakah jarak yang digunakan akan memenuhi syarat terhadap kontrol retak sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4:

$$\text{Syarat : } S = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$S_{\text{maks}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 240 \text{ Mpa} = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka Tarik, sehingga $C_c = 30 \text{ mm}$

Sehingga :

$$S = 300 \cdot \left(\frac{280}{160} \right) - 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 450 \text{ mm dan}$$

$$S_{\text{maks}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{160} \right) = 525 \text{ mm}$$

$$S.\text{Pakai} < S < S.\text{Maks}$$

$$200 \text{ mm} < 450 \text{ mm} < 525 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Kontrol ketebalan plat terhadap Geser:

Berdasarkan SNI 2847-2013 pas 8.3.3, nilai V_u sebagai berikut:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} = \frac{1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,7 \text{ m}}{2} = 1918,56 \text{ kg} = 19,18 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 85 \text{ mm} = 72250 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 72250 \text{ N} = 54187,5 \text{ N} = 54,2 \text{ kN}$$

Syarat :

$$V_u < \phi \cdot V_c$$

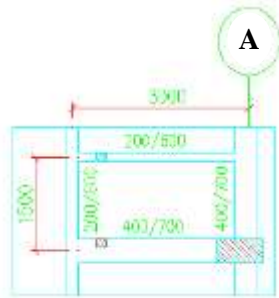
$$19,18 \text{ kN} < 54,2 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Tabel 7. 4 Tabel Kebutuhan Tulangan Plat D

Perhitungan	Arah Lx		Arah Ly	
	Lapangan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Tebal Plat (mm)	120	120	120	120
Mu (kN.m)	5.99	5.99	2.42	2.42
d (mm)	10	10	10	10
ρ min	0.0028	0.0028	0.0028	0.0028
ρ	0.0028	0.0028	0.0041	0.0028
As.min (mm ²)	238	210	308.580468	210
As Pakai (mm ²)	392.7	392.7	392.7	392.7
Tulangan dipakai	D10-200	D10-200	D10-200	D10-200
Cek Jarak Tulangan (S < 240 mm)	OK	OK	OK	OK
Cek Retak (S < 475 mm)	OK	OK	OK	OK
Cek Geser	19.18 kN < 54.19 kN		19.18 kN < 54.19 kN	
$V_u < \phi \cdot V_c$	OK		OK	

7.1.3 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Plat Dua Arah

Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan tulangan pada plat dua arah dengan contoh perhitungan manual terhadap plat A:



Gambar 7. 3 Plat Dua Arah (Plat A)

$$L_y = 3000 \text{ mm}$$

$$L_x = 1500 \text{ mm}$$

$$L_n = 3000 \text{ mm} - \frac{200 \text{ mm}}{2} - \frac{400 \text{ mm}}{2} = 2700 \text{ mm}$$

$$S_n = 1500 \text{ mm} - \frac{200 \text{ mm}}{2} - \frac{400 \text{ mm}}{2} = 1200 \text{ mm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{2700 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} = 2,25 > 2 \text{ m (Plat Dua Arah)}$$

Pada tabel rekapitulasi didapatkan momen sebagai berikut:

$$M_{tx} = 167 \text{ kg.m}$$

$$M_{lx} = 675 \text{ kg.m}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0028$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

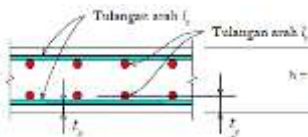
$$= 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{25}{500} \cdot \left(\frac{600}{600+500} \right)$$

$$= 0,014$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{500}{0,85 \cdot 25} = 23,52$$

Penulangan plat A :

Dengan tebal plat 120 mm dan penutup lantai setebal 30 mm:



$$d_y = 120 - 30 - 10 - 5$$

$$= 75 \text{ mm}$$

$$d_x = 120 - 30 - 5$$

$$= 85 \text{ mm}$$

Mtx :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{675}{0,9} = 750 \text{ kg.m/m} = 7354987,5 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2} = \frac{7354987,5 \text{ Nmm/m}}{1000 \cdot 85^2} = 1,018$$

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

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 1,018}{500}} \right)$$

$$= 0,00209 < \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,0028

- As perlu = $\rho \cdot b \cdot d_x$

$$= 0,0028 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 85 \text{ mm} = 238 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{maks}} = 2h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$$

Direncanakan S pakai = 200 mm

$$As_{\text{Pakai}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{rencana}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200 \text{ mm}} = 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

- $As' \text{ perlu} = 0,5 \cdot As_{\text{perlu}}$
 $= 0,5 \cdot 238 \text{ mm}^2 = 119 \text{ mm}^2$

$$S_{\text{maks}} = 2h = 2 \cdot 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \text{ (SNI 2847-2013 Ps. 13.3.2)}$$

Direncanakan S pakai = 200 mm

$$As' \text{ Pakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b}{S_{\text{rencana}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{200 \text{ mm}} = 392,7 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Cek jarak tulangan terhadap kontrol retak:

Pengecekan ini untuk mengetahui apakah jarak yang digunakan akan memenuhi syarat terhadap kontrol retak sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4:

$$\text{Syarat : } S = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \cdot C_c \text{ dan tidak melebihi}$$

$$S_{\text{maks}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} \cdot f_y = \frac{2}{3} \cdot 240 \text{ Mpa} = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka Tarik, sehingga $C_c = 30 \text{ mm}$

Sehingga :

$$S = 300 \cdot \left(\frac{280}{160} \right) - 2,5 \cdot 30 \text{ mm} = 450 \text{ mm dan}$$

$$S_{\text{maks}} = 300 \cdot \left(\frac{280}{160} \right) = 525 \text{ mm}$$

$$S_{\text{Pakai}} < S < S_{\text{Maks}}$$

$$200 \text{ mm} < 450 \text{ mm} < 525 \text{ mm} \text{ (OK)}$$

Kontrol ketebalan plat terhadap Geser:

Berdasarkan SNI 2847-2013 pas 8.3.3, nilai V_u sebagai berikut:

$$V_u = \frac{W_u \cdot l_n}{2} = \frac{1279 \text{ kg/m}^2 \cdot 2,7 \text{ m}}{2} = 1918,56 \text{ kg} = 19,18 \text{ kN}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 1000 \cdot 85 \text{ mm} = 72250 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 72250 \text{ N} = 54187,5 \text{ N} = 54,2 \text{ kN}$$

Syarat :

$$V_u < \phi \cdot V_c$$

$$19,18 \text{ kN} < 54,2 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

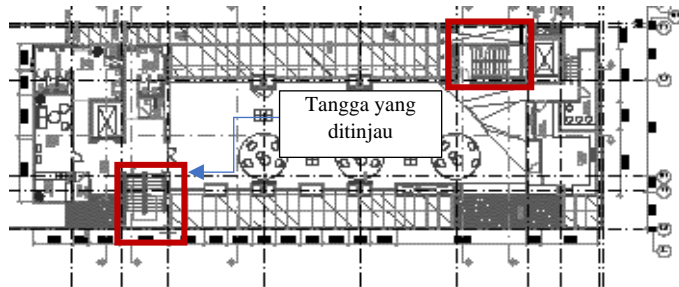
Tabel 7. 5 Tabel Kebutuhan Tulangan Plat A

Perhitungan	Arah Lx	
	Lapangan	Tumpuan
Tebal Plat (mm)	120	120
Mu (kN.m)	6.75	1.18
d (mm)	85	85
ρ min	0.0028	0.0028
ρ	0.0028	0.0028
As.min (mm ²)	238	238
As Pakai (mm ²)	392.7	392.7
Tulangan dipakai	D10-200	D10-200
Cek Jarak Tulangan (S < 240 mm)	OK	OK
Cek Retak (S < 475 mm)	OK	OK
Cek Geser $V_u < \phi \cdot V_c$	19.18 kN < 54.19 kN	
	OK	

7.2 Desain Struktur Tangga

Pada sub-bab ini akan menghitung kebutuhan tulangan dalam desain tangga yang meliputi beberapa bagian seperti plat tangga, plat bordes, balok tangga dan

balok bordes. Dalam perhitungan ini akan menggunakan contoh perhitungan tangga lantai 1 pada lantai 2 “tangga utama”. Berikut denah penempatan tangga yang ditinjau sebagai berikut:



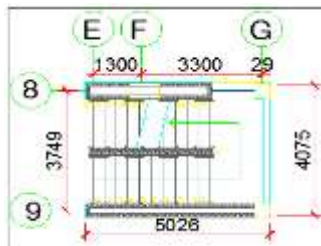
Gambar 7. 4 Denah Penempatan Tangga pada lantai 1 pada lantai 2

Berikut merupakan spesifikasi mutu beton dan baja yang akan digunakan dalam desain tangga:

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 500 \text{ Mpa}$$

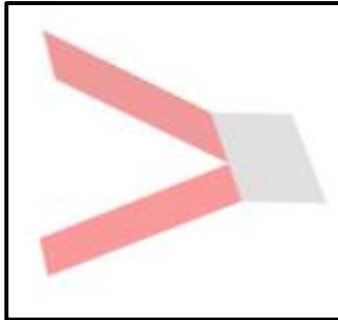
Tulangan yang digunakan D10



Gambar 7. 5 Denah Tangga

7.2.1 Permodelan Tangga

Berikut permodelan dari struktur plat tangga dan plat bordes yang di terapkan pada ETABS 17.0.1:



Gambar 7. 6 Permodelan Tangga pada ETABS

7.2.2 Analisa Struktur Plat Tangga dan Plat Bordes

Untuk momen yang terjadi pada tangga akan didapatkan dari permodelan tangga yang telah dilakukan didapatkan perhitungan selanjutnya sebagai berikut.

7.2.3 Perhitungan Tulangan Plat Tangga

Data-data perencanaan:

Mutu beton (f_c')	=	35	MPa
Mutu baja lentur (f_y)	=	500	MPa
Mutu baja geser (f_y)	=	240	MPa
Tebal selimut beton	=	3	cm
$\beta_1 = 0.80$	$\rho_b =$	0.025963636	
$d_x = 115$ mm	$\rho_{max} =$	0.019472727	
$d_y = 105$ mm	$\rho_{min} =$	0.003	
$m = 16.8$	$b =$	1000	mm
$\phi = 0.9$			

Pembebanan:

a. Beban Mati

Berat sendiri plat	0.15 .	2400	=	360	kg/m ²
Keramik per-cm tbl (1cm)		24	=	24	kg/m ²
Spesi per-cm tebal (2cm)		21	=	42	kg/m ²
Berat pegangan tangga			=	20	kg/m ² +
Total beban mati (q_{DL})			=	446	kg/m²

b. Beban Hidup

$$\text{Beban hidup tangga (q}_{LL}\text{)} = 159.23 \text{ kg/m}^2$$

c. Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1,2 D + 1,6 L = 790 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan Lentur Arah X:

A. Pada Tumpuan :

$$M_u = 22094382,45 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{22094382,45}{0,9} = 24529313,83 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{24529313,83 \text{ Nmm/m}}{1000 \cdot 115^2} = 1,86$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 1,86}{500}} \right) \\ &= 0,0038 < \rho \text{ min} \end{aligned}$$

Maka, ρ pakai = 0,0038

- As perlu = $\rho \cdot b \cdot d \cdot x$
 $= 0,0038 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 105 \text{ mm} = 402,8 \text{ mm}^2$

Direncanakan :

Ø 10 – 150 mm

- As pakai = $0,25 \cdot \pi \cdot D^2 / S$
 $= 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 150 = 524 \text{ mm}^2 < 402,8 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

B. Pada Lapangan :

$$M_u = 21417723,6 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{21417723,6}{0,9} = 23797470,6 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{23797470,6 \text{ Nmm/m}}{1000 \cdot 115^2} = 1,80$$

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

$$= \frac{1}{16,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 1,80}{500}} \right)$$

$$= 0,0037 < \rho \text{ min}$$

Maka, $\rho \text{ pakai} = 0,0037$

- As perlu = $\rho \cdot b \cdot dx$
 $= 0,0037 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 105 \text{ mm} = 390 \text{ mm}^2$

Direncanakan :

Ø 10 – 200 mm

- As pakai = $0,25 \cdot \pi \cdot D^2 / S$
 $= 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 200 = 393 \text{ mm}^2 < 390 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

7.2.4 Perhitungan Tulangan Plat Bordes

Data-data perencanaan:

Mutu beton (f_c')	=	35	MPa		
Mutu baja lentur (f_y)	=	500	MPa		
Mutu baja geser (f_y)	=	240	MPa		
Tebal selimut beton	=	3	cm		
β_1	=	0.80		ρ_b	= 0.025
dx	=	115	mm	ρ_{max}	= 0.019
dy	=	105	mm	ρ_{min}	= 0.003
m	=	16.8		b	= 1000 mm
ϕ	=	0.9			

Pembebanan:

a. Beban Mati

Berat sendiri plat	0.15 .	2400	=	360	kg/m ²
Keramik per-cm tbl (1cm)		24	=	24	kg/m ²
Spesi per-cm tebal (2cm)		21	=	42	kg/m ²
Berat pegangan tangga			=	20	kg/m ² +
Total beban mati (q_{DL})			=	446	kg/m²

b. Beban Hidup

Beban hidup tangga (q_{LL}) = **159.23 kg/m²**

c. Kombinasi Pembebanan

$$q_u = 1,2 \mathbf{D} + 1,6 \mathbf{L} = 790 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan Lentur Arah X:

$$M_{ux} = 15418888,18 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{15418888,18}{0,9} = 17132097,97 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot dx^2} = \frac{17132097,97 \text{ Nmm/m}}{1000 \cdot 115^2} = 1,30$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,8 \cdot 1,3}{500}} \right) \\ &= 0,003 < \rho \text{ min} \end{aligned}$$

Maka, ρ pakai = 0,003

- As perlu = $\rho \cdot b \cdot dx$
= $0,003 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 115 \text{ mm} = 322 \text{ mm}^2$

Direncanakan :

$\emptyset 10 - 200 \text{ mm}$

- As pakai = $0,25 \cdot \pi \cdot D^2 / S$
= $0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 / 200 = 392,7 \text{ mm}^2 < 322 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$

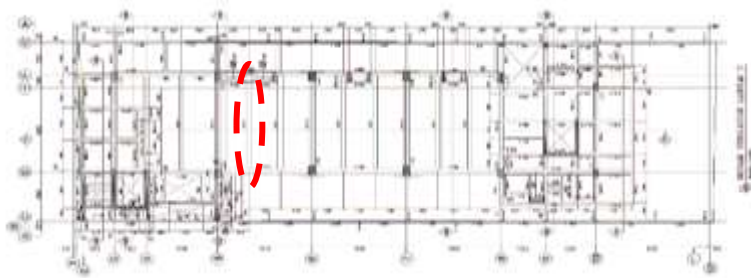
Penulangan Lentur Arah Y:

- As perlu = $0,002 \cdot 1000 \cdot 0,15 \cdot 1000 = 300 \text{ mm}^2$

Mul = 21417723,60 N.mm ; Mn.ul = 23797470,67 N.mm

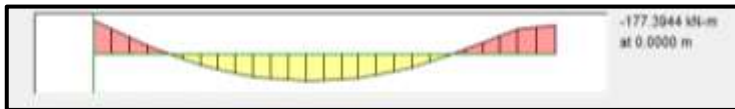
7.3 Desain Balok Anak

Untuk balok anak yang ditinjau kali ini yakni balok anak yang memiliki gaya terbesar (frame B238), salah satu perhitungan balok anak sebagai berikut:



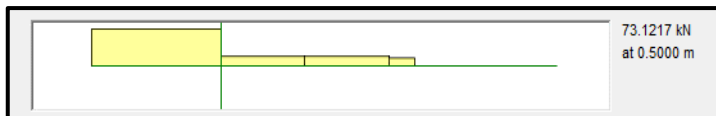
Gambar 7. 7 Denah Balok Anak yang Ditinjau

Dari hasil perhitungan gaya pada program ETABS 17.0.1, didapatkan gaya dalam sebagai berikut:



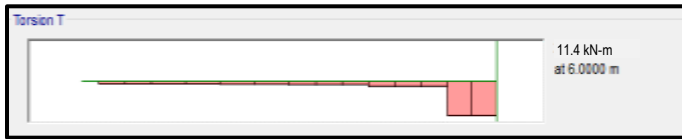
Gambar 7. 8 Momen yang Terjadi pada Balok Anak

- Mu tumpuan maksimum = 177,39 kN.m
- Mu lapangan maksimum = 137,89 kN.m



Gambar 7. 9 Geser yang Terjadi pada Balok Anak

- V_u maksimum = 73,12 kN.m



Gambar 7. 10 Torsi yang terjadi pada Balok Anak

- T_u maksimum = 11,4 kN.m

7.3.1 Perhitungan pada Tulangan Tumpuan:

1. Data perhitungan :

- $L = 8000$ mm
- $b = 300$ mm
- $h = 700$ mm
- $t = 30$ mm

Direncanakan :

- Tul. Lentur = D22
- Tul. Geser = $\phi 10$

2. Perhitungan Tulangan Pada Tumpuan :

Berikut syarat-syarat dalam menghitung kebutuhan tulangan berdasarkan SNI 2847-2013.

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-25}{7} \right) \times 0,5 = 0,8$$

$$d = h - t_{selimut} - \text{Sengkang} - \frac{D.Lentur}{2}$$

$$= 700 - 30 - 10 - (22/2) = 649 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{500}{0,85 \cdot 25} = 23.52$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0.0028$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{25}{500} \cdot \left(\frac{600}{600+500} \right)$$

$$= 0,0135$$

$$M_u = 177390000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{177390000}{0,9} = 197100000 \text{ N.mm/m}$$

$$R_{nx} = \frac{M_n}{b \cdot d \cdot x^2} = \frac{197100000 \text{ Nmm/m}}{300 \cdot 649^2} = 1,559$$

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

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 1,559}{500}} \right)$$

$$= 0,00324 < \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,00324

Karena $\rho > \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho = 0,00324$

Sehingga :

$$A_{S_{\text{Perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00324 \cdot 300 \cdot 649 = 631,49 \text{ mm}^2$$

Jika direncanakan **3D22**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 = 1140,4 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}$$

7.3.2 Perhitungan pada Tulangan Lapangan:

1. Data perhitungan :

- L = 8000 mm

- b = 300 mm

- h = 700 mm

- t = 30 mm

Direncanakan :

- Tul. Lentur = D22

- Tul. Geser = ϕ 10

2. Perhitungan Tulangan Pada Tumpuan :

Berikut syarat-syarat dalam menghitung kebutuhan tulangan berdasarkan SNI 2847-2013.

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-25}{7}\right) \times 0,5 = 0,8$$

$$d = h - t_{\text{selimut}} - \text{Sengkang} - \frac{D \cdot \text{Lentur}}{2}$$

$$= 700 - 30 - 10 - (22/2) = 649 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{500}{0,85 \cdot 25} = 23,52$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0028$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y}\right)$$

$$= 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{25}{500} \cdot \left(\frac{600}{600+500}\right)$$

$$= 0,0135$$

$$M_u = 137890000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{137890000}{0,9} = 153211111 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{153211111 \text{ Nmm/m}}{300 \cdot 649^2} = 1,21$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 1,21}{500}}\right)$$

$$= 0,0025 < \rho_{\text{min}}$$

Maka, $\rho_{\text{pakai}} = 0,00324$

Karena $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0028$

Sehingga :

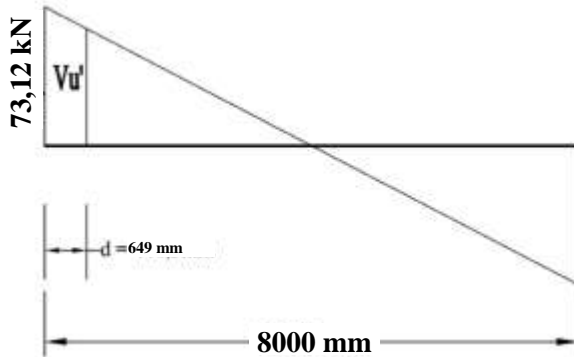
$$A_{S_{\text{Perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0028 \cdot 300 \cdot 649 = 545,16 \text{ mm}^2$$

Jika direncanakan **2D22**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 22^2 = 760,26 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{perlu}}}$$

7.3.3 Perhitungan pada Tulangan Geser:

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, V_u sejarak d dari muka tumpuan sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.1.3.1 dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 7. 11 Diagram Gaya Geser Balok Anak

$$\begin{aligned} V_{u'} &= \frac{V_u}{\frac{l_n}{2}} \cdot \left(\frac{l_n}{2} - d \right) = \frac{73,12}{\frac{9250}{2}} \cdot \left(\frac{9250}{2} - 649 \right) \\ &= 115,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 1 \\ \phi &= 0,75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d \\ &= 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 649 \\ &= 165495 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,75 \cdot 165495 \text{ N} = 124121,25 \text{ N} = 124,12 \text{ kN}$$

➤ Memilih Kondisi geser balok :

- Kondisi I :

$$\begin{aligned} V_u' &\leq 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c \\ 136 &\leq 62.060625 \quad \text{(Tidak Memenuhi)} \end{aligned}$$

- Kondisi II :

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \emptyset \cdot V_c &\leq V_u' \leq \emptyset \cdot V_c \\ 62 &\leq 115 \leq 124.12 \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

Syarat Kondisi 2: Hanya Perlu Tulangan Geser Minimum

- $V_s.\text{min}$ = 64900 N
 - $S.\text{Maks}$ = 324.5 mm
- dan
- $$= 600 \text{ mm}$$

Jika digunakan 2 kaki $\phi 10$

$$\begin{aligned} A_v &= 157.079 \text{ mm}^2 \\ S &= 785.394 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil $S = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai Sengkang **$\phi 10-150 \text{ mm}$**

7.3.4 Perhitungan pada Tulangan Torsi:

- Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1 sebagai berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot \text{Ph}}{1,7 \cdot A_s h^2}\right)^2} = \emptyset \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum terjadi :

$$T_u = 11,4 \text{ kN.m} = 114000 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi :

$$V_u = 73,12 \text{ kN.m} = 731200 \text{ N.mm}$$

$$b_h = 230 \text{ mm}$$

$$h_h = 630 \text{ mm}$$

$$P_h = 1720 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 144900 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 300 \cdot 649 = 162250 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{731200}{300 \cdot 649}\right)^2 + \left(\frac{114000 \cdot 1720}{1,7 \cdot 144900^2}\right)^2} \leq 0,75 \cdot \left(\frac{162250}{300 \cdot 649} + 0,66 \cdot \sqrt{25}\right)$$

$$3,81 \text{ Mpa} \leq 4,13 \text{ Mpa}$$

Maka, penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- Periksa pengaruh punter :

$$A_{cp} = 210000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2000 \text{ mm}^2$$

$$T_u \leq T_{u,\min}$$

$$114000 \text{ N.mm} \leq 6863062,5 \text{ N.mm}$$

Maka, cukup dipasang tulangan minimum yakni 2D22 yang akan dipasang pada tulangan badan.

7.3.5 Perhitungan Panjang penyaluran :

- a. Panjang penyaluran tulangan tarik:

- Tulangan tarik sejauh d , $12db$ atau $l_n/16$

$$d = 649 \text{ mm}$$

$$12db = 264 \text{ mm}$$

$$l_n/16 = 559,375 \text{ mm}$$

Diambil nilai terbesar : 649 mm

- Mencari nilai l_d

$$db = 22 \text{ mm}$$

$$\Psi_s = 1$$

$$\Psi_t = 1$$

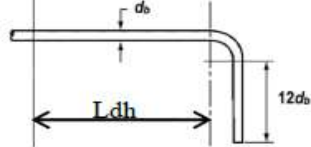
$$\Psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = 1294.117647 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil : } \quad \quad \quad) \text{ mm}$$

b. Panjang per



$$l_{dh} = \frac{(0,24 \cdot \Psi_e \cdot f_y)}{\lambda \sqrt{f_c'}} \cdot d_b$$

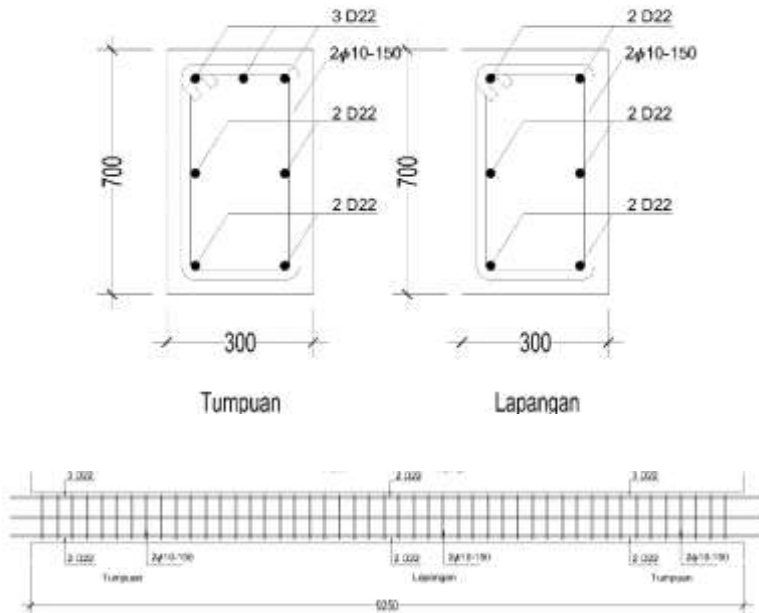
$$l_{dh} = \frac{(0,24 \cdot 1,0 \cdot 500 \text{ Mpa})}{1 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}}} \cdot d_b$$

$$L_{dh} = 528 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil nilai } l_d = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Kait : } 12 \cdot d_b = 264 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil nilai } l_d = 300 \text{ mm}$$



Gambar 7. 12 Penulangan Balok Anak

7.4 Perhitungan Struktur Balok Penggantung Lift

7.4.1 Data Eksisting Balok Penggantung Lift

- Mutu beton (f_c') = 25 MPa
- Mutu baja tulangan ulir (f_y) = 500 MPa
- Mutu baja tulangan polos (f_y) = 240 MPa
- Panjang balok (L) = 2,75 m
- Tinggi balok (h) = 500 mm
- Lebar balok (b) = 300 mm
- Diameter tulangan lentur = D19
- Diameter tulangan geser = D13
- Tebal selimut = 40 mm

$$\begin{aligned} \triangleright d &= h - \text{decking} - D - D/2 &&= 500 - 40 - 13 - 19/2 \\ &&&= 437.5 \text{ mm} \\ \triangleright \beta_1 &&&= 0.8 \end{aligned}$$

7.4.2 Analisa Struktur Gaya Dalam Balok Lift

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi 1.2D+1.6L:

$$M_{\text{maks}} \text{ pada daerah tumpuan} = -263.69 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{maks}} \text{ pada daerah lapangan} = 157,5 \text{ kNm}$$

$$\text{Geser maksimum} = 189,17 \text{ kN}$$

7.4.3 Perhitungan Tulangan Longitudinal

- a. Kebutuhan Tulangan pada Tumpuan

$$M_u = 263690000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{263690000}{0.9} = 292988889 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 25} = 18.82$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{292988889}{300 \times 437.5^2} = 5.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \frac{0.85 \times 0.8 \times 25}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0.019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18.824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.824 \times 5.1}{400}} \right) = 0.0146$$

Karena $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, maka dipakai $\rho = 0.0146$
Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0.0146 \cdot 300 \cdot 437,5 = 1910,062 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{perlu}} = 0,5 \cdot A_{s_{perlu}} = 955,03 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik yang digunakan:

$$\mathbf{8D-19} \rightarrow A_{s_{pakai}} = 2268,23 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan tekan yang digunakan:

$$\mathbf{4D-19} \rightarrow A_{s_{pakai}} = 1134,11 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

b. Kebutuhan Tulangan pada Lapangan

$$M_u = 157500000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{157500000}{0,9} = 175000000 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,82$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{175000000}{300 \times 437,5^2} = 3,04 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,8 \times 25}{400} \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,019$$

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

$$\rho = \frac{1}{18.824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.824 \times 3,04}{400}} \right) = 0.0082$$

Karena $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, maka dipakai $\rho = 0.0035$

Maka luas tulangan perlu:

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 300 \times 437,5 = 459,37 \text{ mm}^2$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,5 \times A_{s_{\text{perlu}}} = 229,68 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik yang digunakan:

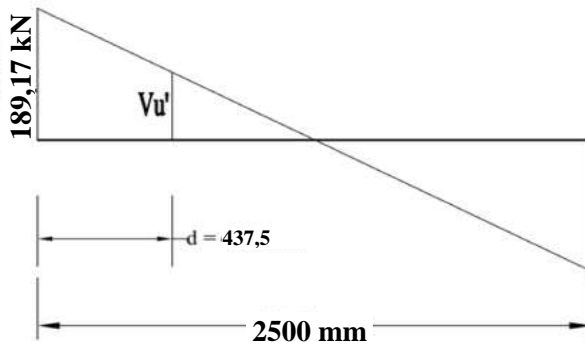
$$\mathbf{3D-19} \rightarrow A_{s_{\text{pakai}}} = 850,58 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan tekan yang digunakan:

$$\mathbf{2D-19} \rightarrow A_{s'_{\text{pakai}}} = 567,05 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

7.4.4 Perhitungan Tulangan Geser

Untuk perhitungan penulangan geser, nilai V_u diambil dari ETABS dan digunakan sejarak d dari muka tumpuan sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.1.3.1 dan ACI 318M-14 pasal 9.4.3.1.



Gambar 7. 13 Gaya Geser pada Balok Penggantung Lift

$$V_U = 189,17 \text{ kN} = 189170 \text{ N}$$

$$L = 2500 \text{ mm}$$

$$d = 437.5 \text{ mm}$$

$$V'_U = \frac{V_U}{0.5L} (0.5L - d)$$

$$V'_U = \frac{189170}{0.5 \times 2500} (0.5 \times 2500 - 437.5) = 122960,5 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847 – 2013 pasal 11.2.1.1 V_c untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur saja dapat dihitung dengan:

$$V_c = 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0.17 \times 1 \times \sqrt{25} \times 300 \times 437.5 = 111562.5 \text{ N}$$

$$= \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b \times d \right)$$

$$= 0.75 \left(111562.5 + \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 300 \times 437.5 \right)$$

$$= 247734.375 \text{ N}$$

$$= \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \times b \times d \right)$$

$$= 0.75 \left(111562.5 + \frac{2}{3} \sqrt{25} \times 300 \times 437.5 \right)$$

$$= 411796.88 \text{ N}$$

$$\phi \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b \times d \right) < V'_U \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \times b \times d \right), \text{ maka}$$

termasuk pada kondisi 5, dimana diperlukan tulangan geser.

$$\phi V_{\text{perlu}} = V'_U - \phi V_c$$

$$\phi V_{\text{perlu}} = 122960,5 \text{ N} - (0.75 \times 111562.5)$$

$$\phi V_{\text{perlu}} = 39288,625 \text{ N}$$

$$\text{Dipakai sengkang 3 kaki } D13 \rightarrow A_v = 398.196 \text{ mm}^2$$

Maka jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{398.196 \times 400 \times 437.5}{39288,625 \text{ N}} = 177,36 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = \frac{d}{4} = \frac{437.5}{4} = 109.375 \text{ mm}$$

$$s_{\max} \leq \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$$

Maka pakai sengkang **3 kaki D13 – 100**

7.4.5 Perhitungan Tulangan Torsi

- a. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.1 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.7.1

$$\sqrt{\left(\frac{V_U}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_U \times P_h}{1.7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \times d} + 0.66 \sqrt{f'_c} \right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi:

Torsi maksimum terjadi:

$$T_U = 0 \text{ kN.m} = 0 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi:

$$V_U = 69.05 \text{ kN} = 69049.91 \text{ N}$$

Karena tidak ada torsi yang terjadi, maka tidak perlu memeriksa kecukupan penampang.

- b. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.1 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.4, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_U \leq T_{U_{\min}}$$

$$T_U \leq \phi \times 0.083 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)$$

Dimana:

A_{CP} = Luas penampang keseluruhan

P_{CP} = Keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

ϕ = 0.75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{CP} = b \cdot h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{CP} = 2 \cdot (b + h) = 2 \cdot (300\text{mm} + 500\text{mm}) = 1600 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $T_{U_{min}}$:

$$T_{U_{min}} = 0.75 \times 0.083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{150000^2}{1600} \right)$$

$$T_{U_{min}} = 4376953.125 \text{ N.mm}$$

$$T_U = 0 \text{ N.mm}$$

$0 \text{ N.mm} < 3781688 \text{ N.mm}$, maka tidak diperlukan tulangan torsi. Sehingga akan di pasang tulangan torsi minum **2D19**.

7.4.6 Perhitungan Panjang Penyaluran

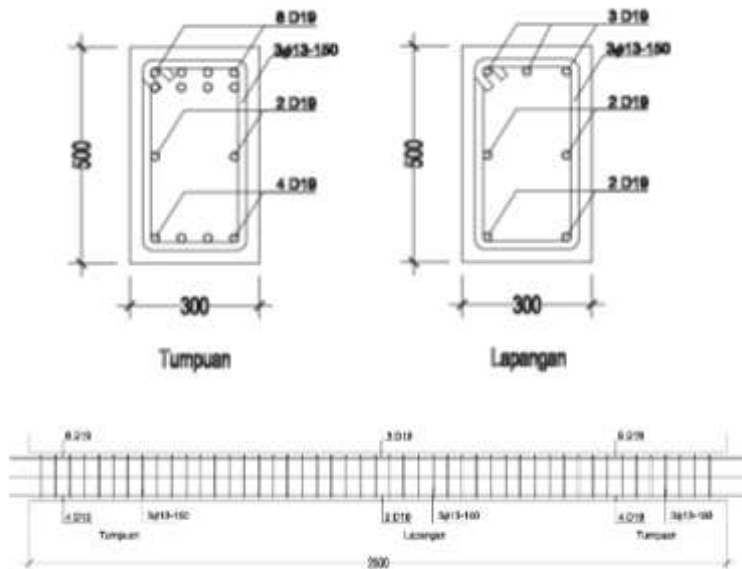
Menghitung panjang penyaluran tulangan dari balok ke plat tangga berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 25.4.1

Diketahui: $d_b = 13 \text{ mm}$; $\psi_s = 1.0$; $\psi_t = 1.0$; $\psi_c = 1.0$;
 $\lambda = 1.0$

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \psi_t \times \psi_c}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \times 1.0 \times 1.0}{1.7 \times 1.0 \times \sqrt{25}} \right) \times 19 = 894.12 \text{ mm}$$

Ambil nilai $l_d = 900 \text{ mm}$



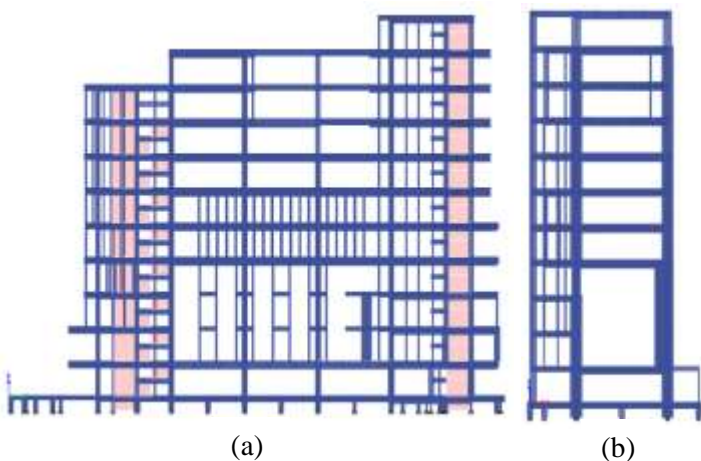
Gambar 7. 14 Detail Penulangan Balok Lift

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII DESAIN STUKTUR PRIMER

8.1 Umum

Pada perhitungan ini akan menghitung kebutuhan tulangan balok utama, kolom serta hubungan balok kolom. Sehingga, akan diilustrasikan sebagai dua portal, portal pertama memiliki arah memanjang dan portal ke dua memiliki arah melintang. Berikut merupakan portal yang ditinjau:



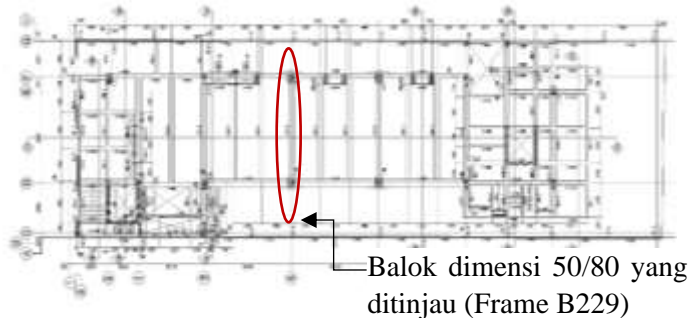
Gambar 8. 1 Portal yang Ditinjau , (a) Portal pada bidang X-Z @ Y = 25,717 m; (b) Portal pada Bidang Y-Z @ X = 18,011 m

8.2 Desain Struktur Balok

Pada perhitungan penulangan balok kali ini, yang akan dihitung kebutuhan tulangan secara manual yakni balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan ETABS 17.0.1.

8.2.1 Perhitungan Balok Ukuran 50/80 (Frame B229)

Dari perhitungan program ETABS 17.0.1, pada analisis gaya dalam dari program bantu didapatkan gaya paling besar pada balok induk dengan dimensi 50/80 fram B229.



Gambar 8. 2 Balok yang Ditinjau dalam Perhitungan Balok Induk

8.2.1.1 Data Perencanaan

Mutu beton $f'c'$	= 25 Mpa
Dimensi balok induk	= 500 x 800 mm
Bentang balok (L)	= 8000 mm
Bentang bersih balok (Ln)	= (8000 - 500/2 - 500/2) mm
	= 7500 mm
Cover (t)	= 30 mm
Diameter tulangan lentur	= 25 mm, $f_y = 500$ Mpa
Diameter tulangan geser	= 13 mm, $f_y = 500$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - \left(\frac{35-25}{7}\right) \times 0,5 = 0,8$$

$$\text{Tinggi balok bersih} = 744,5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c'} = \frac{500}{0,85 \cdot 25} = 23,52$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = 0.0028$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$= 0,75 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600+f_y} \right)$$

$$= 0,75 \cdot 1 \cdot \frac{25}{500} \cdot \left(\frac{600}{600+500} \right)$$

$$= 0,0135$$

8.2.1.2 Gaya yang Terjadi Pada Balok

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada balok, nantinya dilihat menggunakan program bantu ETABS 17.0.1. Didapatkan gaya kombinasi sebagai berikut:



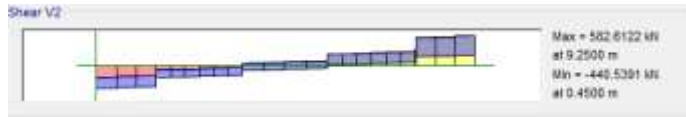
Gambar 8. 3 Gaya Aksial yang didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan nilai $P_u = 475.59 \text{ kN}$



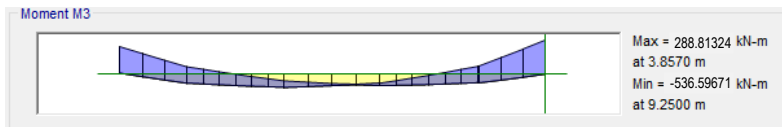
Gambar 8. 4 Gaya Torsi yang didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan nilai $T_u = 162.3 \text{ kN.m}$



Gambar 8. 5 Gaya Geser yang didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan nilai $V_u = 582.612 \text{ kN.m}$



Gambar 8. 6 Gaya Momen yang didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan nilai $M_u = 288,813 \text{ kN.m}$

Tabel 8. 1 Tabel Gaya Akibat Gaya Gempa

Kondisi	Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan	Kanan	-681.835
2	Tumpuan Kanan	Kiri	334.27
3	Tumpuan Kiri	Kiri	-536.59
4	Tumpuan Kiri	Kanan	288.81
5	Lapangan	Kanan & Kiri	329

8.2.1.3 Gaya yang Terjadi Pada Balok

- Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasu maksimum $0,1.A_g.fc'$, berikut perhitungannya:

$$0,1.A_g.fc' = 0,1 \times 550 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} \times 25 \text{ Mpa} \\ = 1000000 \text{ N} = 1000 \text{ kN}$$

$$\text{Cek } P_u : \quad 475.590 \text{ kN} < 1000 \text{ kN (OK)}$$

- Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektif (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2)

Syarat : $4d < L_n$

$$L_n = 7500 \text{ mm}$$

$$d = 745 \text{ mm}$$

$$4d = 2978 \text{ mm} < 7500 \text{ Mm (OK)}$$

- Lebar komponen tidak boleh kurang dari 0,3h dan 250 mm (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3)
 $b/h = 550 \text{ mm} : 800 \text{ mm} = 0,625 > 0,3 \text{ (OK)}$
 $500 \text{ mm} > 250 \text{ mm (OK)}$

8.2.1.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

1. **Kondisi 1** : (Momen tumpuan kanan dengan momen negatif yakni $M_u = -681,835 \text{ kN.m}$)

$$M_{n1} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{681,835 \text{ kN.m}}{0,9} = 757,59 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, sehingga :

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \cdot d = \frac{600}{600+500} \cdot 744,5 = 406,1 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,625 \cdot X_b = 0,625 \cdot 406,1 \text{ mm} = 253,81 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} d' &= t + d.\text{senggang} + d.\text{lentur}/2 \\ &= 30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} / 2 \\ &= 55,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X_r}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 50 \cdot 200}{500}$$

$$= 3308,93 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{f_y} \right)$$

$$= 2208,93 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \cdot \left(744,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{500} \right)$$

$$= 1231233413 \text{ N.mm} = 1231,23 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 757,59 \text{ kN.m} - 1231,23 \text{ kN.m}$$

$$= -473,64 \text{ kN.m} < 0 \text{ (Tidak Perlu Tulangan Tekan)}$$

Maka digunakan perhitungan manauk tulangan tunggal.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{757590000 \text{ Nmm/m}}{500 \cdot 744,5^2} = 2,73 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 2,73}{500}} \right)$$

$$= 0,00587 > \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,00587

Sehingga :

$$A_{S_{\text{Perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00587 \cdot 500 \cdot 744,5 = 2186,23 \text{ mm}^2$$

Jika direncanakan **5 D25**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2454,3 \text{ mm}^2 >$$

$A_{s.\text{perlu}}$

Cek jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b-2.t-2.Sengkang-(n \times D.lentur)}{n-1} \\
 &= \frac{500\text{mm}-2.30\text{mm}-2.13\text{mm}-(5 \times 25)}{5-1} \\
 &= 75,25 \text{ mm} > 20 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Cek jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah Tarik :

$$\begin{aligned}
 F_s &= 0,67.f_y = 0,67 \cdot 500 \text{ Mpa} = 335 \text{ Mpa} \\
 C_c &= t + d.sengkang = 30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} = 43 \text{ mm} \\
 S_{maks} &= 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \\
 &= 380 \cdot \frac{280}{335 \text{ Mpa}} - 2,5 \cdot 43 \text{ mm} = 210,11 \text{ mm} \\
 \text{Syarat :} \\
 S &< S_{maks} \\
 75,25 \text{ mm} &< 210,11 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi 3 : (Momen tumpuan kiri dengan momen negatif yakni $M_u = -536,59 \text{ kN.m}$)

$$M_{n3} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{536,59 \text{ kN.m}}{0,9} = 596,21 \text{ kN.m}$$

Jika diambil harga $X_r \leq 0,75 X_b$ untuk mencari titik berat, sehingga :

$$X_b = \frac{600}{600+f_y} \cdot d = \frac{600}{600+500} \cdot 744,5 = 406,1 \text{ mm}$$

$$X_r = 0,625 \cdot X_b = 0,625 \cdot 406,1 \text{ mm} = 253,81 \text{ mm}$$

Maka diambil nilai $X_r = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 d' &= t + d.sengkang + d.lentur/2 \\
 &= 30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 25 \text{ mm} / 2 \\
 &= 55,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot X_r}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 50 \cdot 200}{500}$$

$$= 3308,93 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X_r}{f_y} \right)$$

$$= 2208,93 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \cdot \left(744,5 - \frac{0,8 \cdot 200}{500} \right)$$

$$= 1231233413 \text{ N.mm} = 1231,23 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 596,21 \text{ kN.m} - 1231,23 \text{ kN.m}$$

$$= -635,02 \text{ kN.m} < 0 \text{ (Tidak Perlu Tulangan Tekan)}$$

Maka digunakan perhitungan manual tulangan tunggal.

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{596210000 \text{ Nmm/m}}{500 \cdot 744,5^2} = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 2,15}{500}} \right)$$

$$= 0,00455 > \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,00455

Sehingga :

$$A_{S_{\text{Perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00455 \cdot 500 \cdot 744,5 = 1692,13 \text{ mm}^2$$

Jika direncanakan **5 D25**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 5 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 2454,3 \text{ mm}^2 >$$

$A_{s.\text{perlu}}$

Cek jarak antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{b-2.t-2.Sengkang-(n \times D.lentur)}{n-1} \\
 &= \frac{500\text{mm}-2.30\text{mm}-2.13\text{mm}-(5 \times 25)}{5-1} \\
 &= 75,25 \text{ mm} > 20 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

Cek jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah Tarik :

$$\begin{aligned}
 F_s &= 0,67.f_y = 0,67 \cdot 500 \text{ Mpa} = 335 \text{ Mpa} \\
 C_c &= t + d.sengkang = 30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} = 43 \text{ mm} \\
 S_{maks} &= 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c \\
 &= 380 \cdot \frac{280}{335 \text{ Mpa}} - 2,5 \cdot 43 \text{ mm} = 210,11 \text{ mm} \\
 \text{Syarat :} \\
 S &< S_{maks} \\
 75,25 \text{ mm} &< 210,11 \text{ mm (OK)}
 \end{aligned}$$

3. Kondisi 2 : (Momen tumpuan kanan dengan momen positif yakni $M_u = 334,27 \text{ kN.m}$)

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{334,27 \text{ kN.m}}{0,9} = 371,41 \text{ kN.m} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{371410000 \text{ Nmm/m}}{500 \cdot 744,5^2} = 1,34 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 23,52 \cdot 1,34}{500}} \right) \\
 &= 0,00277 < \rho \text{ min}
 \end{aligned}$$

Maka, ρ pakai = 0,0028

Sehingga :

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0028 \cdot 500 \cdot 744,5 = 1042,3 \text{ mm}^2$$

Pada SNI 2847-2013 Pasl 21.5.2.2 memiliki persyaratan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut*. Maka di rumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_{s.\text{min}} &= 1/2 \cdot A_{s.\text{perlu}} \text{ tulangan negative tump.kanan} \\ &= 1/2 \cdot 2186,23 \text{ mm}^2 \\ &= 1093,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$A_{s\text{perlu}} > A_{s.\text{min}}$

$$1042,3 \text{ mm}^2 > 1093,11 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{s\text{perlu}}$ kurang dari $A_{s\text{ minimum}}$ maka dipakai $A_{s\text{ minimum}}$.

Jika direncanakan **3 D25**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 1472,62 \text{ mm}^2 > A_{s.\text{min}}$$

4. Kondisi 4 : (Momen tumpuan kiri dengan momen positif yakni $M_u = 288,81 \text{ kN.m}$)

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{288,81 \text{ kN.m}}{0,9} = 320,9 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{320900000 \text{ Nmm/m}}{500 \cdot 744,5^2} = 1,16 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.23,52 \cdot 1,16}{500}} \right)$$

$$= 0,00238 < \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,0028

Sehingga :

$$AS_{\text{Perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0028 \cdot 500 \cdot 744,5 = 1042,3 \text{ mm}^2$$

Pada SNI 2847-2013 Pasl 21.5.2.2 memiliki persyaratan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut*. Maka di rumuskan sebagai berikut:

$$As_{\text{min}} = \frac{1}{2} \cdot As_{\text{perlu}} \text{ tulangan negatif tump.kiri}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 1692,13 \text{ mm}^2$$

$$= 846,07 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$As_{\text{perlu}} > As_{\text{min}}$$

$$1042,3 \text{ mm}^2 > 846,07 \text{ mm}^2$$

Jika direncanakan **3 D25**

$$As = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 1472,62 \text{ mm}^2 >$$

As.perlu

- 5. Kondisi 5 :** (Momen lapangan yakni $M_u = 329$ kN.m)

$$Mn5 = \frac{Mu}{\phi} = \frac{329 \text{ kN.m}}{0,9} = 365,56 \text{ kN.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^2} = \frac{365560000 \text{ Nmm/m}}{500.744,5^2} = 1,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{23,52} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.23,52. 1,32}{500}} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,00273 > \rho \text{ min}$$

Maka, ρ pakai = 0,0028

Sehingga :

$$As_{\text{Perlu}} = \rho.b.d = 0,0028.500.744,5 = 1042,3 \text{ mm}^2$$

Pada SNI 2847-2013 Pasl 21.5.2.2 memiliki persyaratan bahwa *baik kuat lentur negatif mauoun kuat kentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut*. Maka di rumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} As_{\text{min}} &= \frac{1}{4} . As_{\text{perlu}} \text{ terbesar} \\ &= \frac{1}{4} . 2454,36 \text{ mm}^2 \\ &= 613,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &> As_{\text{min}} \\ 1042,3 \text{ mm}^2 &> 613,59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jika direncanakan **3 D25**

$$A_s = n \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 25^2 = 1472,62 \text{ mm}^2 > A_{s,\text{perlu}}$$

Cek jarak antar tulangan :

$$S = \frac{b - 2 \cdot t - 2 \cdot \text{Sengkang} - (n \times D \cdot \text{lentur})}{n - 1}$$

$$= \frac{500 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm} - 2 \cdot 13 \text{ mm} - (3 \times 25)}{3 - 1}$$

$$= 169,5 \text{ mm} > 20 \text{ mm (OK)}$$

Cek jarak antar tulangan untuk membatasi retak yang terjadi di daerah Tarik :

$$F_s = 0,67 \cdot f_y = 0,67 \cdot 500 \text{ Mpa} = 335 \text{ Mpa}$$

$$C_c = t + d \cdot \text{sengkang} = 30 \text{ mm} + 13 \text{ mm} = 43 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 380 \cdot \frac{280}{f_s} - 2,5 \cdot C_c$$

$$= 380 \cdot \frac{280}{335 \text{ Mpa}} - 2,5 \cdot 43 \text{ mm} = 210,11 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S < S_{\text{maks}}$$

$$169,5 \text{ mm} < 210,11 \text{ mm (OK)}$$

Untuk tulangan tekan pada daerah lapangan mengikuti SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.1 bahwa mengharuskan sekurang-kurangnya ada 2 tulangan yang dibuat menerus pada kedua sisi atas dan bawah, sehingga digunakan **2-D25** untuk tulangan tekan.

8.2.1.5 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Geser

1. Menghitung *Portable Moment Capacity* (Mpr)

a. Mpr apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (5D25, $A_s = 2454,37 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$= 144,37 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \left(744,5 \text{ mm} - \frac{144,37 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 1031314717 \text{ N.mm} = 1031,31 \text{ kN.m}$$

Kondisi 4 (3D25, As = 1472,62 mm²)

$$a_{pr-4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$= 86,62 \text{ mm}$$

$$M_{pr-4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \left(744,5 \text{ mm} - \frac{86,62 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 645360000 \text{ N.mm} = 645,36 \text{ kN.m}$$

b. Mpr apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (5D25, As = 2454,37 mm²)

$$a_{pr-3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$= 144,37 \text{ mm}$$

$$M_{pr-3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 2454,37 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \left(744,5 \text{ mm} - \frac{144,37 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 1031314717 \text{ N.mm} = 1031,31 \text{ kN.m}$$

Kondisi 2 (3D25, As = 1472,62 mm²)

$$a_{pr-2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 25 \text{ Mpa} \cdot 500 \text{ mm}}$$

$$= 86,62 \text{ mm}$$

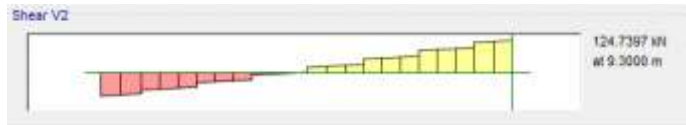
$$M_{pr-2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \cdot 1472,62 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \left(744,5 \text{ mm} - \frac{86,62 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 645360000 \text{ N.mm} = 645,36 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Dalam mencari reaksi gaya geser pada ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja maka akan dihitung berdasarkan acuan SNI 2847-2013 Gambar S21.5.4. Pada gaya yang didapatkan dari ETABS 17.0.1 dengan beban kombinasi 1,2D + 1,0L sebagai berikut:



Gambar 8. 7 Gaya Geser pada Balok yang Ditinjau dari ETABS 17.0.1

Didapatkan $V_u = 124,73 \text{ kN}$

$$\text{Maka : } q_u = \frac{V_u \cdot 2}{l_n} = \frac{124,73 \text{ kN} \cdot 2}{8,85 \text{ m}} = 28,02 \text{ kN/m}$$

a. Menghitung geser yang terjadi akibat goyangan :

- Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{pr}_3} + M_{\text{pr}_2}}{l_n} = \frac{1031,31 \text{ kN.m} + 645,36 \text{ kN.m}}{8,85 \text{ m}}$$

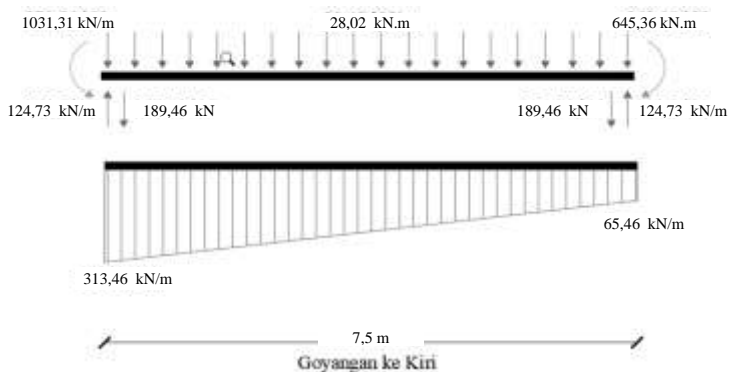
$$= 189,46 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok :

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 189,46 \text{ kN} - 124,73 \text{ kN} = 65,46 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 189,46 \text{ kN} + 124,73 \text{ kN} = 313,46 \text{ kN}$$



Gambar 8. 8 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri

- Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{pr}_1} + M_{\text{pr}_4}}{l_n} = \frac{1031,31 \text{ kN.m} + 645,36 \text{ kN.m}}{8,85 \text{ m}}$$

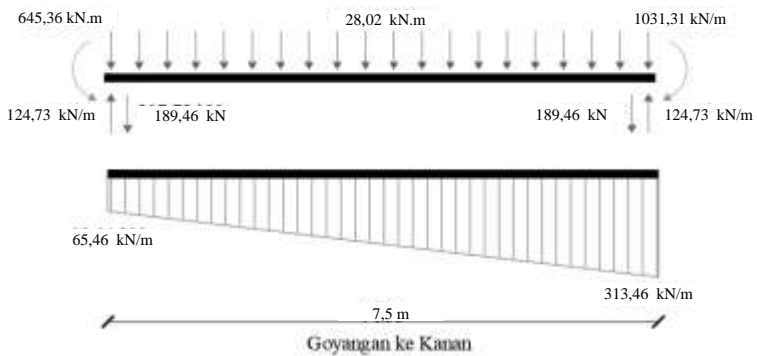
$$= 189,46 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri dan kanan balok :

$$\text{Reaksi} = V_g \pm V_{\text{sway}}$$

$$\text{Reaksi di kiri} = 189,46 \text{ kN} + 124,73 \text{ kN} = 313,46 \text{ kN}$$

$$\text{Reaksi di kanan} = 189,46 \text{ kN} - 124,73 \text{ kN} = 65,46 \text{ kN}$$



Gambar 8. 9 Diagram Gaya Geser Goyangan ke Kiri

3. Perhitungan kebutuhan Sengkang untuk Gaya Geser

Pada persyaratan peraturan SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 bahwa Kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c=0$ pada perencanaan sendi plastis apabila :

- Gaya geser V_{sway} akibat sendir plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Tabel 8. 2 Cek Nilai V_{sway} dan V_u

Arah Gerakan Gempa	V_{sway}	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat $V_{sway} > 0,5 V_u$
		V_u	$0,5 V_u$	V_u	$0,5 V_u$	
		(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	
Kiri	189.46	65.46	32.727	313.46	156.727667	OK
Kanan	189.46	313.46	156.727	65.46	32.7276668	OK

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi $< \frac{A_g.Fc'}{20}$. Apabila diketahui $P_u = 475,59 \text{ kN.m}$ dan $\frac{A_g.Fc'}{20} = 500 \text{ kN.m}$, maka $475,59 \text{ kN.m} < 500 \text{ kN.m}$ (**OK**)

Dikarenakan semua nilai terpenuhi, maka nilai $V_c = 0$

- a. **Muka Kolom Kiri** (Diambil nilai V_u terbesar = 313,46 kN)

$$V_c = 0$$

Maka :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{313,47 \text{ kN}}{0,9} = 417,94 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9, disyaratkan bahwa nilai maksimum dari V_s yakni :

$$\begin{aligned} V_{s,max} &= 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 2/3 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 744,5 \text{ mm} \\ &= 1240,83 \text{ kN} > 417,94 \text{ kN} \text{ (**OK**)} \end{aligned}$$

Apabila digunakan Sengkang D10 dan dipasang 3 kaki

$$A_v = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13^2) \right) = 235,61 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{235,61 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \cdot 744,5 \text{ mm}}{417,94 \text{ kN}} = 209,8 \text{ mm}$$

Syarat jarak Sengkang : (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2)

1. $d/4 = 744,5 \text{ mm}/4 = 186,125 \text{ mm}$
2. $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. $S \leq 150 \text{ mm}$

Maka, dipasang **3 Kaki D13 - 150 mm**. Dipasang sepanjang sejarak $2h = 2.800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

b. Muka Kolom Kanan (Diambil nilai V_u terbesar = $313,46 \text{ kN}$)

$$V_c = 0$$

Maka :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{313,47 \text{ kN}}{0,9} = 417,94 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9, disyaratkan bahwa nilai maksimum dari V_s yakni :

$$\begin{aligned} V_{s,\max} &= 2/3 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 2/3 \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 744,5 \text{ mm} \\ &= 1240,83 \text{ kN} > 417,94 \text{ kN} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Apabila digunakan Sengkang D10 dan dipasang 3 kaki

$$A_v = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13^2) \right) = 235,61 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{235,61 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \cdot 744,5 \text{ mm}}{417,94 \text{ kN}} = 209,8 \text{ mm}$$

Syarat jarak Sengkang : (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2)

1. $d/4 = 744,5 \text{ mm}/4 = 186,125 \text{ mm}$
2. $6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
3. $S \leq 150 \text{ mm}$

Maka, dipasang **3 Kaki D13- 150 mm**. Dipasang sepanjang sejarak $2h = 2.800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ dari muka kolom kiri, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

c. **Ujung zona sendi plastis (daerah lapangan):**

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejak $2h = 2.800 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah $313,46 \text{ kN} - (2 \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 28,02 \text{ kN/m}) = 268,61 \text{ kN}$

Pada daerah ini nilai V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 744,5 \text{ mm}$$

$$= 310208,333 \text{ N} = 310,21 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{268,61 \text{ kN}}{0,9} - 310,21 \text{ kN} = 47,95 \text{ kN}$$

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah :

$$V_{s.\text{max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ Mpa}} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 744,5$$

$$= 1240833,3 \text{ N} = 1240,83 \text{ kN}$$

Syarat :

$$V_s < V_{s.\text{max}}$$

$$47,95 \text{ kN} < 1240,83 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Apabila direncanakan 3 kaki D10

$$A_v = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13^2) \right) = 235,61 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{235,61 \text{ mm}^2 \cdot 500 \text{ Mpa} \cdot 744,5 \text{ mm}}{47,95 \text{ kN}} = 1829,16 \text{ mm}$$

Syarat jarak Senggang : (SNI 2847-2013 Pasal 21.5.3.2)

$$1. d/4 = 744,5 \text{ mm}/4 = 186,125 \text{ mm}$$

$$2. 6 \cdot d_b = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

$$3. S \leq 150 \text{ mm}$$

Maka, dipasang **3 Kaki D13 - 150 mm.**

8.2.1.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Torsi

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.1 sebagai berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot \Phi}{1,7 \cdot A_s h^2}\right)^2} = \phi \cdot \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \cdot \sqrt{f_c'}\right)$$

Dimana untuk gaya yang terjadi :

Torsi maksimum terjadi :

$$T_u = 162,2 \text{ kN.m} = 162200000 \text{ N.mm}$$

Geser maksimum terjadi :

$$V_u = 582,61 \text{ kN.m} = 582610000 \text{ N.mm}$$

$$b_h = b - 2 \cdot t - d \cdot \text{senggang} = 500 \text{ mm} - 2(30 \text{ mm}) - 10 \text{ mm} = 430 \text{ mm}$$

$$h_h = h - 2 \cdot t - d \cdot \text{senggang} = 800 \text{ mm} - 2(30 \text{ mm}) - 10 \text{ mm} = 730 \text{ mm}$$

keliling penampang dibatasi as tulangan Senggang:

$$P_h = 2 \cdot (b_h + h_h) = 2 \cdot (430 \text{ mm} + 730 \text{ mm}) = 2320 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan senggang:

$$A_{oh} = b_h \cdot h_h = 430 \text{ mm} \cdot 730 \text{ mm} = 313900 \text{ mm}^2$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot 500 \cdot 744,5 = 311458,33 \text{ N}$$

Maka :

$$\sqrt{\left(\frac{582610000}{500 \cdot 744,5}\right)^2 + \left(\frac{162200000 \cdot 2320}{1,7 \cdot 313900^2}\right)^2} \leq 0,75 \cdot \left(\frac{311458,33}{500 \cdot 744,5} + 0,66 \cdot \sqrt{25}\right)$$

$$2,94 \text{ Mpa} \leq 3.102 \text{ Mpa}$$

Karena nilai $2,94 \text{ Mpa} \leq 3.102 \text{ Mpa}$, maka penampang cukup untuk menahan torsi terfaktor.

- a. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.1 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.4, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_U \leq T_{U_{\min}}$$

$$T_U \leq \emptyset \times 0.083 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)$$

Dimana:

A_{CP} = Luas penampang keseluruhan

P_{CP} = Keliling penampang keseluruhan

λ = 1 (untuk beton normal)

\emptyset = 0.75 (Faktor reduksi beban torsi)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$$A_{CP} = b \times h = 500 \text{ mm} \times 800 \text{ mm} = 400000 \text{ mm}^2$$

$$P_{CP} = 2 \times (b + h) = 2 \cdot (500 \text{ mm} + 800 \text{ mm}) = 2600 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai $T_{U_{\min}}$:

$$T_{U_{\min}} = 0.75 \times 0.083 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left(\frac{400000^2}{2600} \right)$$

$$T_{U_{\min}} = 19153846,1 \text{ N.mm}$$

$$T_U = 162200000 \text{ N.mm}$$

162200000 N.mm > 19153846,1 N.mm, maka diperlukan tulangan torsi.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 22.7.5, untuk nilai torsi maksimum boleh direduksi menjadi nilai sebagai berikut:

$$= 0.75 \times 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{CP}^2}{P_{CP}} \right)$$

$$= 0.75 \times 0.33 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left(\frac{400000^2}{2600} \right)$$

$$= 76153846,15 \text{ N.mm}$$

- b. Perhitungan kebutuhan tulangan torsi transversal
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.6 dan ACI 318M-

14 pasal 22.7.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0.8A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0.8A_{oh} = 320000 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_T \times f_{yt}}{s} \times \cot \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_U}{\phi \times 2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{162200000}{\phi \times 2 \times 400000 \times 240 \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{s} = 1,54 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_V}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d} = \frac{47950}{240 \times 744,5} = 0.268 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{Vt}}{s} = \frac{A_V}{s} + 2 \times \frac{A_T}{s} = (0.268 + 2 \times 1,54)$$

$$\frac{A_{Vt}}{s} = 3.348 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **3 kaki Ø13-100**.

$$\frac{A_{Vpakai}}{s} = \frac{3 \times 0.25 \times \pi \times 13^2}{100} = 3,981 \text{ mm}^2/\text{mm} \text{ (OK)}$$

Karena nilai $\frac{A_{Vpakai}}{s} \geq \frac{A_{Vt}}{s}$, maka tulangan terpasang terpasang mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

- c. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi: Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$A\ell = 1,54 \cdot 2320 \left(\frac{240}{400} \right) \cdot \cot^2 45^\circ = 2143,1 \text{ mm}^2$$

Tulangan torsi dibagi menjadi 4; sisi atas, sisi bawah, sisi samping kiri dan samping kanan.

$$\frac{2143,1 \text{ mm}^2}{4} = 535,92 \text{ mm}^2$$

Penambahan luas tulangan torsi

$$\text{Tulangan samping} = 2 \times 535,92 = 633,98 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan atas} = 1692,13 + 535,92 = 2228,05 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan bawah} = 1042,3 + 535,92 = 1578,22 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik yang digunakan:

$$\mathbf{5D-25} \rightarrow A_{s_{\text{pakai}}} = 2454,36 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan tekan yang digunakan:

$$\mathbf{4D-25} \rightarrow A_{s_{\text{pakai}}} = 1963,49 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Tulangan torsi yang digunakan:

$$\mathbf{2D-22} \rightarrow A_{s_{\text{pakai}}} = 720,26 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

8.2.1.7 Perhitungan Panjang Penyaluran

Menghitung panjang penyaluran tulangan dari balok ke plat tangga berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 25.4.1

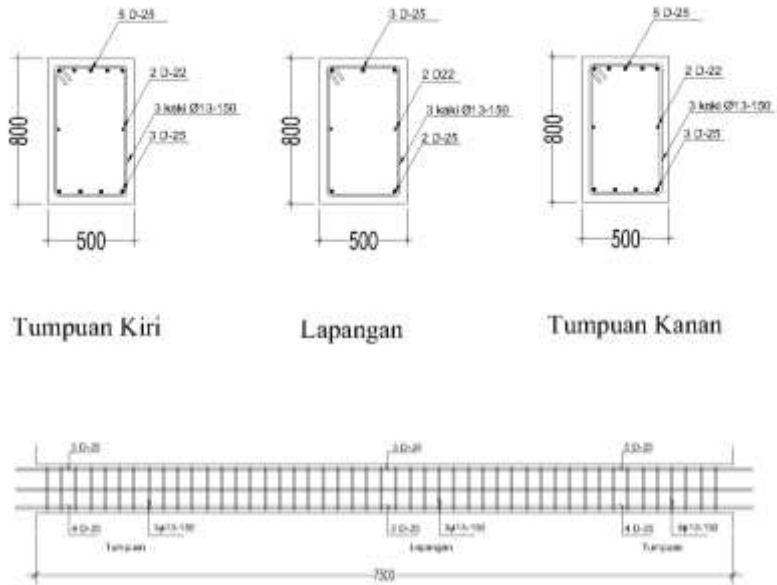
Diketahui: $d_b = 13 \text{ mm}$; $\psi_s = 1.0$; $\psi_t = 1.0$; $\psi_c = 1.0$;

$$\lambda = 1.0$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \times \psi_t \times \psi_c}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \times 1.0 \times 1.0}{1.7 \times 1.0 \times \sqrt{35}} \right) \times 25 = 994.3 \text{ mm}$$

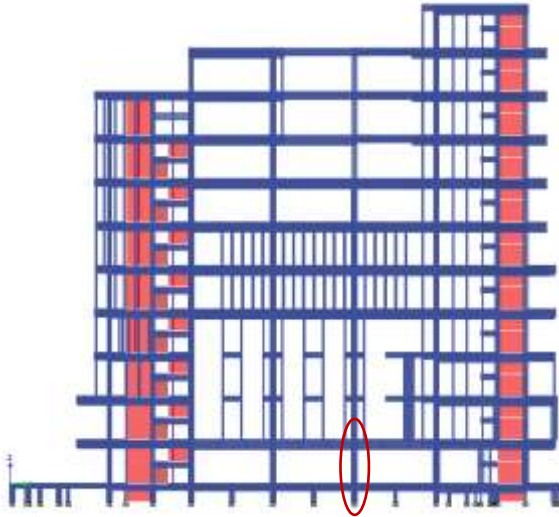
Ambil nilai $\ell_d = 1000 \text{ mm}$



Gambar 6. 11 Detail Penulangan Balok Primer

8.3 Desain Struktur Kolom

Pada perhitungan kebutuhan penulangan kolom, maka kolom yang akan dihitung manual yakni kolom yang menerima beban aksial terbesar dari hasil analisis gaya menggunakan program bantu ETABS 17.0.1 ini., dengan aksial yang paling besar terjadi pada kolom frame C151.



Gambar 8. 10 Kolom yang Ditinjau dalam Perhitungan

8.3.1 Data Perencanaan

Mutu beton $c f' = 35$ Mpa

Tinggi kolom = 3,5 m = 3500 mm

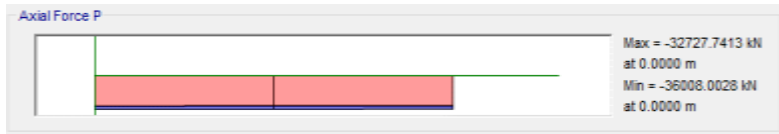
Dimensi kolom = 550 mm x 800 mm

Cover (t) = 30 mm

Diameter tul. memanjang = 25mm, $f_y = 500$ Mpa

Diameter tul. sengkang = 13mm, $f_y = 400$ Mpa

Untuk gaya yang terjadi akan dilihat dari program bantu ETABS pada kolom tersebut di dapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Gambar 8. 11 Gaya Aksial yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan: P_u bawah = 36008 kN



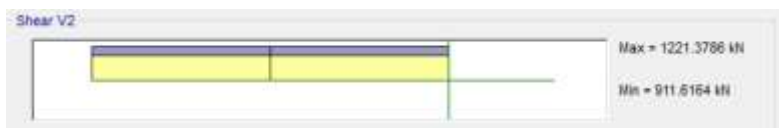
Gambar 8. 12 Gaya M_x yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan: $M_x = 2050,46$ kN.m



Gambar 8. 13 Gaya M_y yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan: $M_y = 1260,32$ kN.m



Gambar 8. 14 Gaya Geser yang Didapatkan dari ETABS 17.0.1

Didapatkan: $V_u = 1221,37$ kN

8.3.2 Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

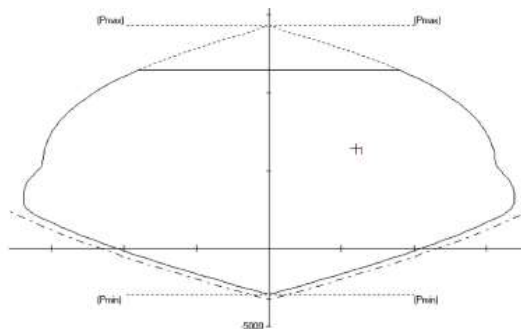
- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $\frac{A_g \cdot f_c'}{10}$ berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1

$$= \frac{550 \text{ mm} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 35 \text{ Mpa}}{10}$$

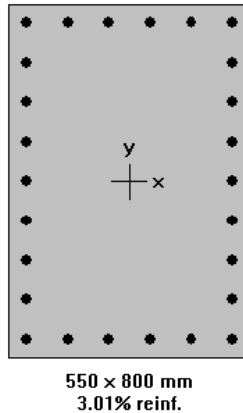
$$= 1540000 \text{ N} = 1540 \text{ kN} < P_u = 36008 \text{ kN} \text{ (OK)}$$
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300mm (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1.1)
Sisi terpendek kolom = 550 mm > 300 mm **(OK)**
- Rasio penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.1.2)
Rasio antara b dan h = 550mm / 800mm = 0,68 **(OK)**

8.3.3 Tentukan Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi dengan tidak boleh kurang dari $0,01 \cdot A_g$ dan harus kurang dari $0,06 \cdot A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi kebutuhan tulangan longitudinal, maka digunakan program bantu *pcaColumn* dan didapatkan diagram interaksi sebagai berikut:



Gambar 8. 15 Diagram Interaksi P-M pada program *pcaColumn*



Gambar 8. 16 Konfigurasi Penulangan Kolom pada Program pcaColumn

Dengan demikian gaya-gaya yang ada pada kolom didapatkan konfigurasi penulangan 26-D25 untuk menahan gaya-gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 3,01\%$ atau $0,0301$ Sehingga nilai $0,01.A_g < \rho < 0,06.A_g$ telah terpenuhi.

8.3.4 Cek Syarat “Strong Column Weak Beam”

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\Sigma M_c \geq 1,2. \Sigma M_g$, dimana :

ΣM_c = Jumlah Mn dua kolom yang bertemu di join

ΣM_g = Jumlah Mn dua balok yang bertemu di join (termasuk sumbangan tulangan plat di selebar efektif plat lantai)

Untuk perhitungan sebagai berikut:

a. Menentukan nilai ΣM_g :

$$\begin{aligned} \text{As tul.lentur atas balok} &= 5D25 = 2454 \text{ mm}^2 \\ \text{As tul.lentur bawah balok} &= 3D25 = 1473 \text{ mm}^2 \\ d &= 744,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Menentukan Mg^+ dan Mg^-

$$a^+ = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{2454 \cdot 500}{0,85 \cdot 35 \cdot 550} = 75 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mg^+ &= \phi \cdot As \cdot fy \cdot d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \cdot 2454 \cdot 500 \cdot 744,5 - \frac{75}{2} \\ &= 780857677,12 \text{ N.mm} = 780,85 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$a^- = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1473 \cdot 500}{0,85 \cdot 35 \cdot 550} = 45 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mg^- &= \phi \cdot As \cdot fy \cdot d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \cdot 2454 \cdot 500 \cdot 744,5 - \frac{45}{2} \\ &= 478454778,5 \text{ N.mm} = 478,54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

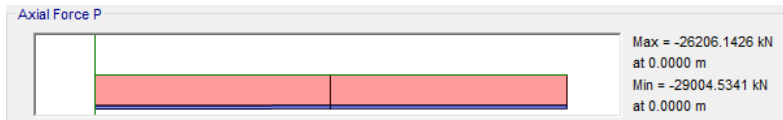
Maka $\Sigma M_g = Mg^+ + Mg^- = 780,85 \text{ kN.m} + 478,54 \text{ kN.m}$

$\Sigma M_g = 1259,31 \text{ kN}$.

$1,2 \cdot \Sigma M_g = 1,2 \cdot 1259,31 \text{ kN} = 1511,17 \text{ kN.m}$

- b. Menentukan nilai ΣM_c :

Untuk menentukan nilai M_c , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom



Gambar 8. 17 Gaya Aksial yang terjadi pada Kolom Atas

bawah/kolom desain dengan program bantu pcaColumn. Untuk gaya-gaya yang terjadi pada kolom atas (frame C152) adalah sebagai berikut:

Didapatkan : $P_{maks} = 29004,43 \text{ kN}$

Dari diagram interaksi kolom atas dan bawah didapatkan:

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)						
Slc.	P_u kN	M_{uX} kN-m	M_{uY} kN-m	ϕM_{nX} kN-m	ϕM_{nY} kN-m	$\phi M_n/\phi P_n$
1	2900.0	0.0	0.0	1454.1	0.0	999.999
2	3162.0	0.0	0.0	1376.9	0.0	999.999

*** Program completed as requested! ***

Gambar 8. 18 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah

Dari gambar diatas, didapatkan nilai M_c kolom bawah dan M_c kolom atas yakni :

$$M_c \text{ kolom bawah} = 1376.9 \text{ kN.m}$$

$$M_c \text{ kolom atas} = 1454,1 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_c &= M_{c_bawah} + M_{c_atas} \\ &= 1376.9 \text{ kN.m} + 1454,1 \text{ kN.m} \\ &= 2831 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Maka dilakukan cek syarat:

$$\Sigma M_c \geq 1,2 \cdot \Sigma M_g$$

$$2831 \text{ kN.m} \geq 1511,17 \text{ kN.m (OK)}$$

Maka syarat “Strong Column Weak Beam” telah terpenuhi.

8.3.5 Perhitungan Tulangan transversal sebagai Confinement

a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop), tulangan *hoop* diperlukan sepanjang ℓ_o dari ujung-ujung kolom dengan ℓ_o merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1 :

Tinggi komponen struktur pada muka joint, $h = 800 \text{ mm}$

- $1/6$ bentang bersih komponen struktur kolom
- $1/6 \cdot \ell_n = 1/6 \cdot (3500\text{mm} - 800\text{mm}) = 466,7 \text{ mm}$

- 450 mm

Maka digunakan yang paling besar, yakni $\ell_o = 800$ mm

- b. Tentukan spasi maksimum *hoop*, S_{max} pada daerah sepanjang ℓ_o dari ujung-ujung kolom. Nilai S_{max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

- $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum:

$$= \frac{1}{4} \cdot 550 \text{ mm} = 137,5 \text{ mm}$$

- $6 \cdot db = 6 \cdot 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$

- Nilai S_o dimana $S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3} \right)$

$$h_x = (800 - 2 \times 30 \text{ mm} - 2 \times 25 \text{ mm}) = 230 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \cdot 230 \text{ mm}}{3} \right) = 178,33 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_o tidak perlu diambil kurang dari 100 mm sehingga $S_o = 100$ mm. Maka diambil spasi *hoop* sepanjang ℓ_o dari muka kolom sebesar $S = 100$ mm.

- c. Penentuan luas tulangan *confiment*, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang ℓ_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantar berikut:

$$Ash1 = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot fc'}{fyt} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad \text{dan} \quad Ash2 = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{fyt}$$

Dengan :

bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= bw - 2 \times (t + 0,5 \cdot db)$$

$$= 800 - 2 \times (30 + 0,5 \cdot 25)$$

$$= 477 \text{ cm}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton

$$= (bw - 2 \cdot t) \times (bw - 2 \cdot t)$$

$$= (550 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm}) \times (550 \text{ mm} - 2 \cdot 30 \text{ mm})$$

$$= 362600 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Ash1} &= 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot bc \cdot fc'}{fyt} \right) \cdot \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \cdot \left(\frac{100.477.35}{400} \right) \cdot \left(\frac{550.800}{362600} - 1 \right) \\ &= 267,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2} &= \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot fc'}{fyt} \\ &= \frac{0,09 \cdot 100.477.35}{400} \\ &= 375,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $\text{Ash} = 375,64 \text{ mm}^2$.
Digunakan Sengkang (hoop) 3 kaki D13 disepanjang ℓ_o :

$$\text{Ash pakai} = 398,197 \text{ mm}^2 > \text{Ash perlu (OK)}$$

Sehingga, untuk daerah sejarak ℓ_o dari muka kolom, menggunakan tulangan *hoop* **3 kaki D13-100 mm**.

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom berisi (tinggi kolom total dikurangi ℓ_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- 6.db = 6.25mm = 150 mm
- 150 mm

Maka dipakai yang terkecil yakni $S = 150 \text{ mm}$.
Sehingga **3 kaki D13 – 150** untuk daerah di luar ℓ_o .

8.3.6 Perhitungan Gaya Geser Desain, V_e

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.5.1, gaya geser desain yang digunakan tidak perlu lebih besar dari nilai berikut:

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{l_n}$$

Namun, tidak boleh lebih dari hasil V_u daripada analisa struktur:

a. Hitung V_{sway} :

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{\text{prb_atas}} \cdot DF_{\text{atas}} + M_{\text{prb_bawah}} \cdot DF_{\text{bawah}}}{l_n}$$

Dimana :

DF = Faktor distribusi momen di bagian atas dan bawah kolom yang didesain

Karena kolom di lantai atas dan lantai bawah mempunyai kekakuan yang sama maka, DF atas = DF bawah = 0,5

Untuk M_{pr} atas dan M_{pr} bawah adalah penjumlahan M_{pr} untuk masing-masing balok di lantai atas dan dilantai bawah di muka kolom interior.

$$V_{\text{sway}} = \frac{(1035,92 + 648,13) \cdot 0,5 + (1035,92 + 648,13) \cdot 0,5}{2,8}$$

$$= 601,44 \text{ kN}$$

b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu ETABS 17.0.1). Dari program ETABS 17.0.1, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:

$$V_u = 1221,4 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_{\text{sway}} = 601,44 \text{ kN} > V_u = 221,4 \text{ kN}$, maka dipakai nilai $V_e = 601,44 \text{ kN}$

c. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2 kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $601,44 \text{ kN} > \frac{1}{2} \cdot 601,44 \text{ kN}$
 $601,44 \text{ kN} > \text{kN}$ **(TIDAK OK)**
- Apabila $P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$
 $36008 \text{ kN} < \frac{(550 \cdot 800 \cdot 35)}{10}$
 $36008 \text{ kN} < 1540 \text{ kN}$ **(TIDAK OK)**

Karena terdapat nilai yang tidak memenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$d = 800 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm}/2$$

$$= 744,5 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 800 \text{ mm} \cdot 744,5 \text{ mm}$$

$$= 403748 \text{ N} = 403,75 \text{ kN}$$

d. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{601,44 \text{ kN}}{0,75} = 801,925 \text{ kN}$$

$$\frac{V_c}{2} = \frac{403,75 \text{ kN}}{2} = 201,87 \text{ kN}$$

$$\frac{V_u}{\phi} > \frac{V_c}{2}, \text{ maka perlu tulangan geser}$$

Pengecekan apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

- $\frac{V_u}{\phi} = \frac{601,44 \text{ kN}}{0,75} = 801,93 \text{ kN}$
- $V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d = 403,75 \text{ kN} + \frac{1}{3} \cdot 550 \text{ mm} \cdot 744,5 \text{ mm}$
 $= 540,23 \text{ kN}$

$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d$, sehingga hanya diperlukan tulangan geser. Karena sebelumnya telah dipasang tulangan confiment **3 kaki D13-100**, sehingga:

sehingga A_{V-min} pilih yang paling besar:

$$A_{V-min} = 0.062 \times \frac{\sqrt{f'_c} \times b \times s}{f_y}$$

$$A_{V-min} = 0.062 \times \frac{\sqrt{35} \times 550 \times 100}{400} = 50,43 \text{ mm}^2$$

$$A_{V-min} = 0.35 \times \frac{b \times s}{f_y}$$

$$A_{V-min} = 0.35 \times \frac{550 \times 100}{400} = 48,125 \text{ mm}^2$$

Maka pilih yang terbesar $A_{V-min} = 50,43 \text{ mm}^2$

Sementara itu, A_{sh} untuk 3 kaki D13 = 398,197 mm²

$A_{sh} > A_{V-min}$ (**OK**)

Untuk daerah di luar ℓ_o ., SNI 03-2847-2013 Pasal 11.2.1.2 memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja, yakni:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,17 \cdot \left(1 + \frac{36008}{14 \cdot (550 \cdot 800)} \right) 1 \cdot \sqrt{35} \cdot 550 \cdot 744,5 \\
 &= 414,23 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena nilai $\frac{V_u}{\phi} < V_c$, maka untuk bentang kolom di luar ℓ_o , maka tulangan Sengkang tidak dibutuhkan untuk geser pada bentang tersebut, tetapi hanya untuk *confinement*.

8.3.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Pada perhitungan sambungan lewatan ini menurut ACI 318M-14 Pasal 18.7.4.3 dan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.3, sanmbungan lewatan hanya boleh dipasang di tengah kolom yang harus diikat dengan tulangan Sengkang, karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B.

Menurut SNI 2847 pasal 12.17.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 10.7.5.2.2. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1.3\ell_d$. Dimana ℓ_d dihitung sesuai SNI 2847-2013 pasal 12.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 25.4.2.2. sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \ell_d &= \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_c}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b \\
 \ell_d &= \left(\frac{400 \cdot 1.0 \cdot 1.0}{1.7 \cdot 1 \cdot \sqrt{45}} \right) \times 25 = 875.88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\ell_{sc} = 1.3\ell_d = 1.3 \times 875.88 = 1138.64 \text{ mm}$$

Namun berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.17.2.4 dan ACI 318M-14 pasal 10.7.5.2.1, nilai $1.3\ell_d$ dapat dikurangi dengan dikalikan 0.83, jika *confinement* di sepanjang lewatan mempunyai area efektif yang tidak kurang dari $0.0015 \times h \times s$:

Untuk $s = 150 \text{ mm}$, maka:

$$\text{Area efektif 1} = 0.0015 \times 800 \times 150 = 180 \text{ mm}^2$$

$$\text{Area efektif 2} = 0.0015 \times 550 \times 150 = 123.75 \text{ mm}^2$$

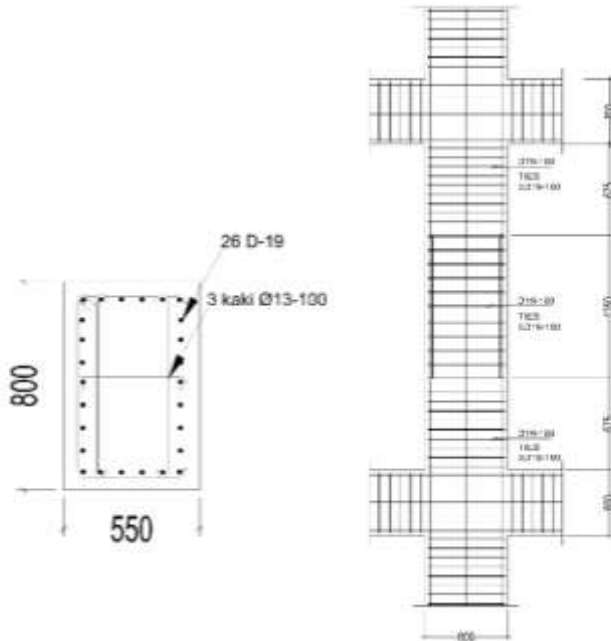
$$\text{Area hoops} = 398,197 \text{ mm}^2$$

$$\text{lap splices menjadi} = 0.83 \times 1138.64 = 945.07 \text{ mm}$$

Namun, menurut ACI 318M-14 pasal 25.6.1.4 dimana tulangan gabungan (*bundled reinforcement*) dipasang setidaknya dengan panjang $40d_b$. Maka

$$40d_b = 40 \times 25 = 1000 \text{ mm}$$

Sehingga, *lap splices* menjadi **1000 mm**



Gambar 8. 19 Detail Penulangan Kolom 55/80

8.4 Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Perhitungan kebutuhan tulangan untuk joint balok-kolom dalam pertemuan kedua struktur tersebut, maka akan diuraikan satu perhitungan dengan joint berikut:



Gambar 8. 20 Joint yang akan ditinjau dalam Hubungan Balok-Kolom

8.4.1 Cek Syarat Join

Panjang joint yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser di joint sedikitnya $20d_b$.

$$b = 550 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$20d_b = 20.25 \text{ mm} = 500 \text{ mm (OK)}$$

8.4.2 Menghitung Luas Efektif Join, A_j

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.8.4.3 A_j merupakan hasil perkalian dari tinggi joint efektif dan lebar joint efektif:

$$\text{Lebar balok} = 500 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi kolom} = 800 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} x &= (800\text{mm} - 300\text{mm})/2 = 250 \text{ mm} \\ \text{Tinggi join} &= \text{tinggi keseluruhan kolom} \end{aligned}$$

Lebar join efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

- $b + h = 500 + 800 = 1300 \text{ mm}$
- $b + 2x = 300 + 500 = 800 \text{ mm}$

Maka lebar join efektif dipakai sebesar:

$$b = 800 \text{ mm}$$

Maka $A_j = \text{tinggi join} \times \text{lebar efektif join}$

$$A_j = 800 \times 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

8.4.3 Hitung Tulangan Transversal untuk *Confinement*.

Untuk join interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.3.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.8.3.2, spasi vertikal tulangan confinement diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$A_{sh\text{-joint}} = 0.5 \times A_{sh\text{-kolom}} = 0,5 \times 501,1 = 417.58 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang **4 kaki D13-100** = 530,93 mm² > $A_{sh\text{-joint}}$

8.4.4 Hitung Gaya Geser pada Join

a. Hitung M_e

Balok yang memasuki join, memiliki:

$$M_{pr}^+ = 559,95 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr}^- = 672,55 \text{ kN.m}$$

Karena kekakuan antara kolom atas dengan bawah sama, maka nilai DF adalah sama yakni $DF = 0.5$. Sehingga:

$$M_e = 0,5(559,95 + 672,55) = 616,25 \text{ kN.m}$$

b. Hitung geser pada kolom atas

$$V_{\text{sway}} = \frac{616,25+616,25}{3,5} = 352,14 \text{ kN}$$

c. Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

1. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

Jika terdapat tul. tarik 5D25= $A_s = 2454,36 \text{ mm}^2$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2945,24 \cdot 400$$

$$T_1 = 1227184,6 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

2. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1227,18 \text{ kN}$$

3. Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2945,24 \cdot 400$$

$$T_2 = 1227184,6 \text{ N} = 1227,18 \text{ kN}$$

4. Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

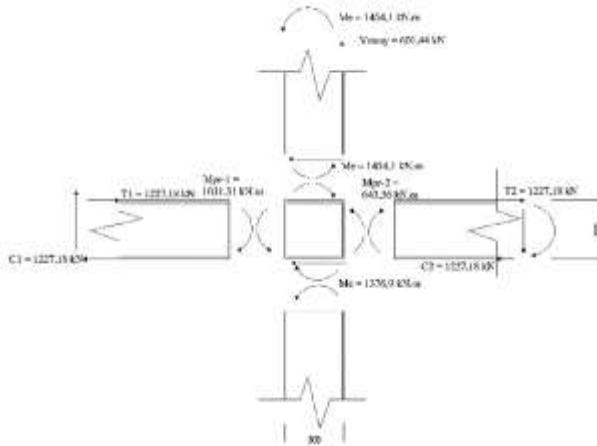
$$C_2 = T_2 = 1227,18 \text{ kN}$$

d. Menghitung gaya geser pada join

$$V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 352,14 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN} - 1227,18 \text{ kN}$$

$$= 2102,23 \text{ kN}$$



Gambar 8. 21 Gaya Pada Hubungan Balok-Kolom

8.4.5 Cek Kuat Geser Join

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.8.4.1, Kuat geser join yang dikekang di keempat sisinya adalah:

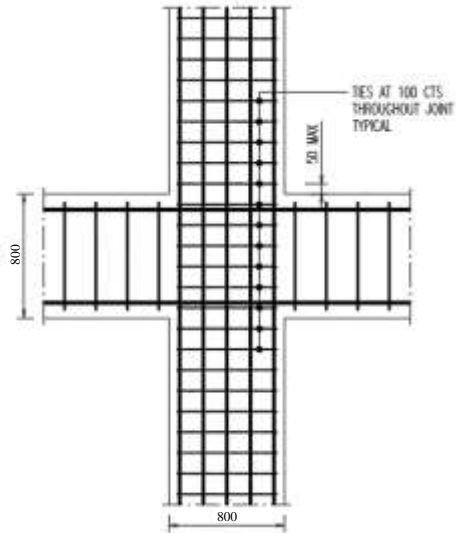
$$V_n = 1.7 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times A_j$$

$$V_n = 1.7 \times 1 \times \sqrt{35} \times 640000 = 6436694,8 \text{ N}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 6436,69 \text{ N} = 4827,52 \text{ kN}$$

$$\phi V_n \geq V_j \rightarrow 4827,52 \text{ kN} \geq 2102.23 \text{ kN (OK)}$$

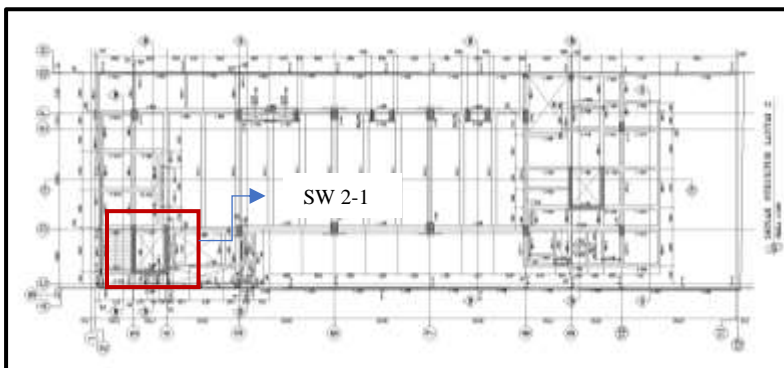
Kuat geser join memenuhi.



Gambar 8. 22 Detail Penulangan pada Join Balok-Kolom

8.5 Perhitungan Dinding Geser

Pada bangunan yang ditinjau, terdapat *shearwall* yang berada di tengah atau bisa disebut juga *corewall* bangunan seperti pada denah berikut:



8.5.1 Perhitungan Dinding Geser Lantai 1 SW-1

8.5.1.1 Data Eksisting

- Mutu beton (f_c') = 35 MPa
- Mutu baja tulangan ulir (f_y) = 500 MPa
- Mutu baja tulangan polos (f_y) = 240 MPa
- Panjang dinding (L_{w_y}) = 3394 mm (2 buah)
- Panjang dinding (L_{w_x}) = 3105 mm (1 buah)
- Tinggi total dinding (h_w) = 38,5 m
- Tebal dinding (t) = 30 mm
- Deformasi total (δ_s) = 323,14 mm
- Diameter tulangan lentur = D16
- Diameter tulangan geser = D16
- Tebal selimut = 30 mm
- β_1 = 0.8

8.5.1.2 Analisa Struktur Gaya Dalam Dinding Geser Basemen

Didapatkan gaya dalam dinding geser dari “*pier force*” analisa dengan program bantu ETABS sebagai berikut:

Tabel 8. 3 Gaya Dalam Pier Force dari Output ETABS

P	V2	V3	M2	M3
kN	kN	kN	kN-m	kN-m
301673,45	5921,67	3423,92	127369,23	3177827,6

8.5.1.3 Kontrol Ketebalan Terhadap Geser

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 dan ACI 318M-14 pasal 11.5.4.3, kuat geser nominal tiap dinding individual tidak boleh melebihi:

$$V_n = 0.83 \cdot Acw \cdot \sqrt{f'_c}$$

Dimana:

Acw = Luas penampang dinding yang ditinjau
= Tebal dinding x (0,8 panjang badan)

a. Dinding Arah X

$$Acw = 400 \times (0.8 \times 3105 \times 1) = 1987200 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.83 \cdot Acw \cdot \sqrt{f'_c} = 0.83 \cdot 1987200 \cdot \sqrt{35}$$

$$V_n = 9757840,01 \text{ N} = 9757,84 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi = 5921,67 / 0.75 = 7895,56 \text{ kN}$$

$$V_n > V_u \rightarrow 9757,84 \text{ kN} > 7895,56 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

b. Dinding Arah Y

$$Acw = 400 \times (0.8 \times 3394 \times 2) = 2172160 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 0.83 \cdot Acw \cdot \sqrt{f'_c} = 0.83 \cdot 2172160 \cdot \sqrt{35}$$

$$V_n = 10666057,6 \text{ N} = 10666,05 \text{ kN}$$

$$V_u / \phi = 3423,92 / 0.75 = 4565,22 \text{ kN}$$

$$V_n > V_u \rightarrow 10666,05 \text{ kN} > 4565,22 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

Maka, ketebalan dinding geser mampu untuk menahan geser

8.5.1.4 Kebutuhan Tulangan Vertikal dan Horizontal Minimum

a. Dinding Arah X

- Rasio tulangan minimum

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1 dan ACI 318M-

14 pasal 18.10.2.1, apabila nilai $V_u > 0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka

ρ_{min} tulangan horisontal dan vertikal adalah 0.0025

A_{cv} = panjang dinding x tebal dinding

$$= 3105 \times 400 \times 1 = 12420000 \text{ mm}^2$$

λ = 1 (untuk beton normal)

$$0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.083 \cdot 1 \cdot 12420000 \cdot \sqrt{35}$$

$$= 609865 \text{ N} = 609.86 \text{ kN}$$

6098,6 kN > 5921,67 (OK)

Karena nilai $V_u < 0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 14.3.2 dan ACI 318M-14 pasal 11.6.1 tulangan minimum untuk tulangan D16 minimum 0.0012.

- Cek kebutuhan lapis tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2 dan ACI 318M-

14 pasal 18.10.2.2, Apabila $V_u < 0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.17 \cdot 1 \cdot 12420000 \cdot \sqrt{35}$$

$$= 12491210,9 \text{ N} = 12491,21 \text{ kN}$$

$$12491,21 \text{ kN} > 3423,92 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u < 0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka dibutuhkan 1 lapis tulangan. Untuk faktor keamanan tetap dipasang 2 lapis.

- Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal
Luas minimal tulangan per meter panjang:
 $= 4000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 400000 \text{ mm}^2$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_{s \text{ min}} = 0.0012 \cdot 400000 \text{ mm}^2 = 480 \text{ mm}^2/\text{m} = 0.48 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 lapis D16 dengan luas sebagai berikut:

$$A_s = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{A_s}{A_{s \text{ min}}} = \frac{402,12}{0,66} = 609,3 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan arah X, **2D16 – 300** pada arah horizontal dan vertikal

b. Dinding Arah Y

- Rasio tulangan minimum
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.10.2.1, apabila nilai $V_u > 0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka ρ_{min} tulangan horisontal dan vertikal adalah 0.0025

$$A_{cv} = \text{panjang dinding} \times \text{tebal dinding} \\ = 3394 \times 400 \times 2 = 2715200 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = 1 \text{ (untuk beton normal)}$$

$$0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.083 \cdot 1 \cdot 2715200 \cdot \sqrt{35} \\ = 533257,21 \text{ N} = 5333,25 \text{ kN}$$

$$5333,25 \text{ kN} > 3423,92$$

Karena nilai $V_u < 0.083 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 14.3.2 dan ACI 318M-14 pasal 11.6.1 tulangan minimum untuk tulangan D16 minimum 0.0012.

- Cek kebutuhan lapis tulangan
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2 dan ACI 318M-14 pasal 18.10.2.2, Apabila $V_u > 0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka dibutuhkan 2 lapis tulangan.

$$0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.17 \cdot 1 \cdot 2715200 \cdot \sqrt{35} \\ = 2730767,77 \text{ N} = 2730,76 \text{ kN}$$

$$12491,21 \text{ kN} > 2730,76 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_u > 0.17 \cdot \lambda \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f'_c}$, maka dipasang 2 lapis.

- Perhitungan tulangan longitudinal dan transversal
Luas minimal tulangan per meter panjang:
 $= 400 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} = 440000 \text{ mm}^2$

Luas minimal kebutuhan tulangan per meter panjang arah longitudinal dan transversal:

$$A_s \text{ min} = 0.0012 \cdot 400000 \text{ mm}^2 = 480 \text{ mm}^2/\text{m} = 0.48 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Apabila dicoba pakai tulangan 2 lapis D16 dengan luas sebagai berikut:

$$A_s = 2 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 16^2 = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = \frac{A_s}{A_s \text{ min}} = \frac{402,12}{0,66} = 609,3 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan arah Y, **2D16 – 300** pada arah horizontal dan vertical.

8.5.1.5 Kuat Geser Dinding Struktural

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1 dan ACI 318M-14 pasal 18.10.4, kuat geser nominal dinding dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_n = A_c v \left(\alpha_c \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c + \rho_t \cdot f_y} \right)$$

Dimana:

$\alpha_c = 0,25$ untuk $h_w/l_w \leq 1,5$

$= 0,17$ untuk $h_w/l_w \geq 2,0$

$=$ variatif secara linier antara $0,25$ dan $0,17$ untuk h_w/l_w antara $1,5$ dan $2,0$

a. Dinding Arah X

$$h_w/l_w = \frac{38,5}{3,105} \Rightarrow 12,39 > 2, \text{ maka nilai } \alpha_c = 0.17$$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2D16-200. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s.t} = \frac{402.12}{300 \times 400} = 0,0033 > 0.0012 \text{ (OK)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = 12420000 \text{ mm}^2 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} + 0.0033 \cdot 400 \text{ Mpa})$$

$$V_n = 28885610,8 \text{ N} = 28885,61 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 28885,61 \text{ kN} = 21664,2 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u \rightarrow 21664,2 \text{ kN} > 5921,67 \text{ kN (OK)}$$

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 dan ACI 318M-14 pasal 11.5.4.3, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n = 0.83 \cdot A_c w \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$V_n = 0.83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.83 \cdot 12420000 \text{ mm}^2 \cdot \sqrt{35}$$

$$V_n = 60986500,1 \text{ N} = 60986,5 \text{ kN}$$

$$V_n > V_u \rightarrow 60986,5 \text{ kN} > 5921,67 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

b. Dinding Arah Y

$$h_w/l_w = \frac{38,5}{3,394} = 11,34 > 2, \text{ maka nilai } \alpha_c = 0.17$$

Pada dinding terdapat tulangan transversal dengan konfigurasi 2D16-200. Rasio tulangan transversal terpasang adalah:

$$\rho_t = \frac{A_s}{s.t} = \frac{402.12}{300 \times 400} = 0.0033 > 0.0012 \text{ (OK)}$$

Menghitung kuat geser nominal pada dinding:

$$V_n = 2715200 (0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{35} + 0.0033 \cdot 400)$$

$$V_n = 57019200 \text{ N} = 57019,2 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 57019,2 \text{ kN} = 42764,4 \text{ kN}$$

$$\phi V_n > V_u \rightarrow 42764,4 \text{ kN} > 3423,92 \text{ (OK)}$$

Maka dinding cukup kuat menahan geser.

Namun, pada SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4 dan ACI 318M-14 pasal 11.5.4.3, kuat geser nominal maksimum yang terjadi dibatasi yakni sebesar:

$$V_n = 0.83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$V_n = 0.83 \cdot A_{cw} \cdot \sqrt{f'_c} = 0.83 \cdot 2715200 \cdot \sqrt{35}$$

$$V_n = 13332572,1 \text{ N} = 13332,57 \text{ kN}$$

$$V_u = 3423,92 \text{ kN}$$

$$V_n > V_u \rightarrow 13332,57 \text{ kN} > 3423,92 \text{ kN} \text{ (OK)}$$

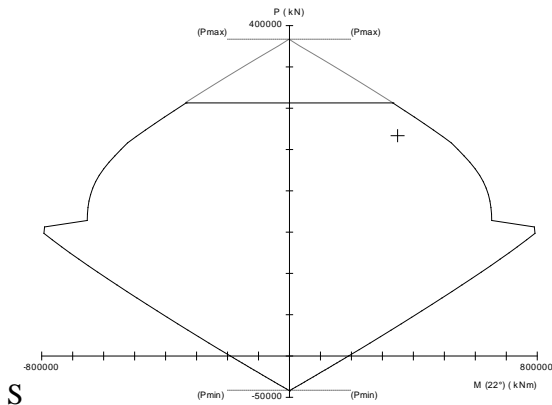
8.5.1.6 Perhitungan Dinding Terhadap Kombinasi Gaya Aksial dan Lentur

Kuat lentur dinding struktural diperoleh dengan membuat diagram interaksi dari dinding tersebut menggunakan program bantu SPColumn. Gaya gaya yang dimasukkan adalah gaya yang terdapat pada dinding yakni:

$$P_u = 301673,45 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 127369,23 \text{ kN.m}$$

$$M_{uy} = 3177827,6 \text{ kN.m}$$



Gambar 8. 24 Diagram Interaksi P-M Dinding Geser pada Program SPColumn

Dapat dilihat pada diagram interaksi diatas bahwa dinding struktural mampu menahan gaya aksial dan momen yang terjadi jika menggunakan konfigurasi penulangan **2D16-150**.

8.5.1.7 Pemeriksaan Terhadap Syarat Komponen Batas Khusus (*Special Boundary Element*)

Untuk pemeriksaan terhadap kebutuhan *special boundary element* dihitung menggunakan pendekatan tegangan, yakni:

a. Dinding Arah X

Luas dinding bruto:

$$A_g = 400 \text{ mm} \times 3105 \text{ mm} = 1242000 \text{ mm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 3105^3 = 0,997 \times 10^{14} \text{ mm}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 3105 \text{ mm} / 2 = 1552,5 \text{ mm}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas

apabila:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u \cdot y}{I_g} > 0.2f'_c$$

$$\frac{301673,45}{1242000} + \frac{127369230000 \cdot 1552,5}{0,997 \times 10^{14}} > 0.2 \times 35$$

$$20,76 \text{ MPa} > 7 \text{ MPa}$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding arah X.

b. Dinding Arah Y

Luas dinding bruto:

$$A_g = 400 \text{ mm} \times 3394 \text{ mm} = 1357600 \text{ mm}^2$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$$I_g = \frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 3394^3 = 1,3 \times 10^{13} \text{ mm}^4$$

$$y = \text{panjang badan} / 2 = 3394 \text{ mm} / 2 = 1697 \text{ mm}$$

Daerah tekan harus diperkuat dengan elemen khusus pembatas

apabila:

$$\frac{P_u}{Ag} + \frac{M_u \cdot y}{I_g} > 0.2f'_c$$

$$\frac{301673,45}{2715200} + \frac{3177827600000 \cdot 1697}{1,3 \times 10^{13}} > 0.2 \times 35$$

$$66,03 \text{ MPa} > 7 \text{ MPa}$$

Maka diperlukan *special boundary element* di daerah tekan pada dinding arah Y.

Berdasarkan pendekatan perpindahan, *special boundary element* diperlukan jika jarak c (sumbu netral) dari serat terluar zona tekan lebih besar dari nilai berikut:

$$c > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)}$$

Dimana:

$$\delta u = 0.7 \times R \times \delta u$$

$$R = 5$$

$$\delta s_x = 351.75 \text{ mm}$$

$$\delta s_y = 380.31 \text{ mm}$$

a. Dinding Arah X

$$lw = 3105 \text{ mm}$$

$$hw = 38600 \text{ mm}$$

$$\delta u = 0.7 \times 5 \times 351.75 = 1231.125 \text{ mm}$$

Cek:

$$\frac{\delta u}{hw} \geq 0.007$$

$$\frac{1231.125}{38600} = 0.0318 > 0.007 \text{ (OK)}$$

Maka:

$$c > \frac{3105}{600 \left(\frac{1231.125}{38500} \right)} = 162,56 \text{ mm}$$

b. Dinding Arah Y

$$lw = 3394 \text{ mm}$$

$$hw = 38500 \text{ mm}$$

$$\delta u = 0.7 \times 5 \times 380.31 = 1331.085 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta u}{hw} \geq 0.007$$

$$\frac{1331.085}{38500} = 0.0345 > 0.007 \text{ (OK)}$$

Maka:

$$C > \frac{3394}{600 \left(\frac{1331.085}{38500} \right)} = 163,69 \text{ mm}$$

8.5.1.8 Penentuan Panjang Special Boundary Element

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.4 dan ACI 318M-14 pasal 18.10.6.4, *special boundary element* harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang daripada $c - 0.1 \cdot lw$ dan $c/2$.

Untuk nilai c didapatkan dari SPColoumn yakni sebesar:

Tabel 8. 4 Hasil Control Points Arah X dari Program SPColoumn

Point	P	X-Moment	Y-Moment	NA Depth	dt Depth
	kN	kNm	kNm	mm	mm
@ Max compression	382955.7	0.00	0.10	25806	8602
@ Allowable comp.	306367.6	315908.50	0.39	12768	8602
@ fs = 0.0	214388.5	614659.63	0.17	8602	8602
@ fs = 0.5 fy	184559.8	650789.25	0.17	6452	8602
@ Balanced point	163671.3	666319.94	0.11	5161	8602
@ Tension control	190196.0	884459.19	0.02	3226	8602
@ Pure bending	0.0	179517.25	0.34	150	8602
@ Max tension	-41981.0	0.00	0.00	0	8602

Tabel 8. 5 Hasil Control Points Arah Y dari Program SPColumn

Point	P	X-Moment	Y-Moment	NA Depth	dt Depth
	kN	kNm	kNm	mm	mm
@ Max compression	382955.7	0.00	0.00	42756	14252
@ Allowable comp.	306366.2	-0.01	520429.97	20974	14252
@ fs = 0.0	229238.3	-0.01	856553.06	14252	14252
@ fs = 0.5 fy	184641.7	-0.01	924382.25	10689	14252
@ Balanced point	154874.5	-0.01	935413.94	8551	14252
@ Tension control	155210.1	-0.01	1184657.13	5345	14252
@ Pure bending	0.0	0.00	296524.28	291	14252
@ Max tension	-41981.0	0.00	0.00	0	14252

Untuk menentukan panjang boundary element digunakan cara perhitungan sebagai berikut:

a. Dinding Arah X

Digunakan perhitungan perbandingan dari nilai aksial yang terjadi:

$$P = 155210.1 \text{ kN} \rightarrow x = 5345 \text{ mm}$$

$$P = 0 \text{ kN} \rightarrow x = 291 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai P_u pada dinding arah X = 138912.03 kN adalah:

$$c = 5345 - \frac{(155210.1 - 138912.03)}{(155210.1 - 0)} \times (5345 - 291)$$

$$c = 4815 \text{ mm}$$

Cek terhadap perpindahan maksimum di puncak dinding:

$$c > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)}$$

$$4815 \text{ mm} > 162,56 \text{ mm (OK)}$$

$$c - 0.1 \times lw = 4814.3 - 0.1 \times 3105 \text{ mm} = 4504,5 \text{ mm}$$

$$c/2 = 4505,5/2 = 2252,25 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni 4815 mm \approx 5000 mm searah sumbu X

b. Dinding Arah Y

Digunakan perhitungan perbandingan dari nilai aksial yang terjadi:

$$P = 190196 \text{ kN} \rightarrow x = 3226 \text{ mm}$$

$$P = 0 \text{ kN} \rightarrow x = 150 \text{ mm}$$

Maka untuk nilai Pu pada dinding arah Y = 162570.57 kN adalah:

$$c = 3226 - \frac{(190196 - 162570.57)}{(190196 - 0)} \times (3226 - 150)$$

$$c = 2779.22 \text{ mm}$$

Cek terhadap perpindahan maksimum di puncak dinding:

$$C > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw} \right)}$$

$$2779.22 \text{ mm} > 163,69 \text{ mm (OK)}$$

$$C - 0.1 \cdot lw = 2779,22 - 0,1 \cdot 3394 = 1939,82 \text{ mm}$$

$$c/2 = 2779.22/2 = 1389.6 \text{ mm}$$

Maka dipakai yang lebih besar yakni = 2779.22 mm \approx 3000 mm searah sumbu Y.

8.5.1.9 Tulangan *Confinement* untuk Dinding Struktural

a. Tulangan longitudinal pada *special boundary element*

Sesuai hasil perhitungan diatas maka dilakukan pengecekan, pada *special boundary element* terdapat **34D-16**, sehingga rasio tulangan yang dihasilkan adalah:

$$\rho = \frac{34 \times \pi \times 0.25 \times 16^2}{2000 \times 550} = 0.006763$$

Berdasarkan UBC (1997), rasio tulangan longitudinal minimum pada daerah omponen batas khusus ditetapkan tidak kurang dari 0.005. Jadi, tulangan longitudinal terpasang sudah memenuhi syarat minimum.

b. Tulangan *confinement* pada *special boundary element*

Apabila digunakan *hoop* berbentuk persegi berdiameter D13, maka spasi maksimum hoop ditentukan oleh yang terkecil diantara:

- $\frac{1}{4}$ dimensi komponen struktur minimum:

$$\frac{1}{4} \times 400 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

- $6 \times db = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$

- Nilai S_0 , dimana $S_0 = 100 + \left(\frac{350 - 0.5h_x}{3} \right)$

$$h_x = \frac{(400 - (2 \times 30) - (2 \times 16))}{3} = 81,3 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \left(\frac{350 - 0.5 \times 81,3}{3} \right) = 203 \text{ mm}$$

Namun, nilai S_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Sehingga $S_0 = 100 \text{ mm}$

Maka coba diambil spasi hoop sepanjang ℓ_0 dari muka dinding geser sebesar **s = 100 mm**.

Tulangan confinement yang dibutuhkan adalah:

$$A_{sh} = \frac{0.09 \cdot f'_c \cdot s \cdot b_c}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} bc &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= b - 2(t + 0.5 \cdot db) \\ &= 400 - 2(30 + 0.5 \cdot 16) \\ &= 324 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{sh} = \frac{0.09 \cdot 35 \cdot 100 \cdot 324}{400} = 255,15 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan 2 kaki D13 maka:

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot 0.25 \cdot 13^2 = 265,46 \text{ mm}^2$$

$$A_s > A_{sh} \rightarrow 265,46 \text{ mm}^2 > 255,15 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

maka dipasang **2 kaki D13** sejarak 100 mm pada daerah *special boundary element*.

8.5.1.10 Panjang Penyaluran Tulangan

Panjang penyaluran tulangan D16 yang dibutuhkan, ℓ_d diambil dari yang terbesar dari nilai berikut berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2 dan ACI 318M-14 pasal 25.4.2.

Diketahui nilai:

$$d_b = 16 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1.0$$

$$\Psi_e = 1.0$$

$$\Psi_s = 1.0$$

$$\lambda = 1.0$$

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1.7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \cdot 1 \cdot 1}{1.7 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \right) \times 16 = 636,35 \text{ mm}$$

diambil $\ell_d = 600 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.6.2(b) dan ACI 318M-14 pasal 18.10.6.2(b), mengisyaratkan penulangan di daerah *special boundary element* harus menerus secara vertikal dari penampang kritis yang tidak kurang dari yang lebih besar dari $\ell_w = 3,3 \text{ m}$, atau $M_u/4V_u = 6,45 \text{ m}$. Sehingga diambil yang paling besar yakni = 6,45 m.



Gambar 8. 25 Detail Penulangan Dinding Geser Lantai satu

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

PERHITUNGAN VOLUME KEBUTUHAN TULANGAN

9.1 Umum

Pada BAB 4 telah dijabarkan hasil dari desain beban gempa dengan menggunakan metode PSHA pada Kota Surabaya. Didapatkan hasil beban gempa dengan metode PSHA ini selisih lebih besar sebanyak 4,9% dari beban gempa bersumber PUSKIM 2012. Sehingga beban tersebut diaplikasikan pada bangunan yang sebelumnya didesain dengan beban gempa PUSKIM 2012, berikut masing-masing kebutuhan tulangan yang dibutuhkan.

9.2 Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Desain dengan Metode PSHA

Berikut merupakan table kebutuhan volume dan berat tulangan yang dibutuhkan akibat beban gempa desain dengan metode PSHA :

Tabel 9. 1 Rekapitulasi Berat Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa PSHA

Volume Kebutuhan Total	Massa Jenis Baja	Berat Berat Total	
(m ³)	(kg/m ³)	(kg)	(Ton)
16642499.12	7850	1.30644E+11	130643618.1

9.3 Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Puskim 2012

Berikut merupakan table kebutuhan volume dan berat tulangan yang dibutuhkan akibat beban gempa desain bersumber PUSKIM 2012 :

Tabel 9. 2 Rekapitulasi Berat Kebutuhan Tulangan Akibat Beban Gempa Desain PUSKIM 2012

Volume Kebutuhan Total	Massa Jenis Baja	Berat Berat Total	
		(kg)	(Ton)
(m ³)	(kg/m ³)		
16431289.00	7850	1.28986E+11	128985618.7

9.4 Hasil Perbandingan

Dari perhitungan kebutuhan tulangan diatas, maka akan didapatkan selisih kebutuhan tulangan jika dalam perencanaan menggunakan metode PSHA maupun dengan sumber gempa dari PUSKIM 2012.

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \frac{130643618.1 - 128985618.7}{128985618.7} \\ &= 0,0129 \times 100\% = 1,29\% \end{aligned}$$

Sehingga dengan selisih tersebut dapat memperlihatkan ternyata dengan memperhitungkan beban gempa desain metode PSHA sedikit lebih banyak dalam mempergunakan kebutuhan tulangan. Sehingga, memiliki sisi positif dalam hal keamanan bangunan namun lebih mengeluarkan biaya yang lebih banyak dari pada ketika merencanakan bangunan dengan beban gempa desain PUSKIM 2012.

BAB X KESIMPULAN DAN SARAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan beban gempa dengan menggunakan metode PSHA didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Selisih Sa dengan menggunakan metode PSHA dan Hasil PUSKIM 2012 sebesar 4,9%
2. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur gedung IGS dengan menggunakan SRPMK dan shearwall dengan beban gempa desain Metode PSHA sebagai berikut:

a. Struktur Sekunder

- Plat Tangga

Tabel 10. 1 Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PSHA

Jenis Plat	Tebal	Tumpuan		Lapangan	
	(mm)	Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
Plat Tangga	150	D 10 - 150	Ø 10 - 150	D 10 - 150	Ø 10 - 150
Plat Bordes	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200

Tabel 10. 2 Tabel Kesimpulan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Darurat Beban Gempa PSHA

Jenis Plat	Tebal	Tumpuan		Lapangan	
	(mm)	Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
Plat Tangga	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
Plat Bordes	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200

- Plat Lantai

Tabel 10. 3 Tabel Kesimpulan Tulangan Plat Satu Arah Beban Gempa PSHA

Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul. Bagi
D	120	2	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	-
F	120	2	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	-

Tabel 10. 4 Tabel Kesimpulan Tulangan Plat Dua Arah Beban Gempa PSHA

Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
A	120	3	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
B	120	1.7	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
C	120	2.3	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
E	120	1.5	2	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
G	120	2.7	3	D 10 - 150	Ø 10 - 150	D 10 - 150	Ø 10 - 150

- Balok Sekunder

Tabel 10. 5 Tabel Kesimpulan Tulangan Balok Sekunder Beban Gempa PSHA

Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tul. Samping
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
BA1	150	400	4 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA2	250	400	4 D 19	2 D 19	2 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA3	150	500	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA4	300	500	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA5	500	500	6 D 19	3 D 19	4 D 19	4 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA6	150	600	3 D 19	2 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA7	200	600	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA8	300	600	7 D 19	4 D 19	3 D 19	4 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA9	400	600	5 D 19	3 D 19	3 D 19	5 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA10	150	700	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA11	300	700	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA12	400	700	5 D 19	3 D 19	3 D 19	5 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA13	400	800	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13

b. Struktur Primer

- Balok Induk

Tabel 10. 6 Tabel Kesimpulan Tulangan Balok Induk Beban Gempa PSHA

Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tul. Samping
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
B1	500	800	7 D 25	4 D 25	5 D 25	3 D 25	2 Ø13 - 100	2 Ø13 - 150	4 D 19
B2	600	800	9 D 25	5 D 25	7 D 25	4 D 25	2 Ø13 - 100	2 Ø13 - 150	4 D 19

- Kolom

Tabel 10. 7 Tabel Kesimpulan Tulangan Kolom Beban Gempa PSHA

Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan Transversal	
	b (mm)	h (mm)		Sejarak lo	Diluar lo
K1	550	800	26 D 25	3 D 13 - 100	3 D 13 - 150
K2	500	900	24 D 25	5 D 13 - 100	5 D 13 - 150
K3	500	700	18 D 25	4 D 13 - 100	4 D 13 - 150

- Hubungan Balok-Kolom

Tabel 10. 8 Tabel Kesimpulan Tulangan HBK Beban Gempa PSHA

Tipe HBK	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan Transversal
	b (mm)	h (mm)		
K1-K1	550	800	26 D 25	4 D 13 - 100
K2-K2	500	900	24 D 25	5 D 13 - 100
K3-K3	500	700	18 D 25	4 D 13 - 100

3. Dari keseluruhan pembahasan yang telah diuraikan, hasil perhitungan struktur gedung IGS dengan menggunakan SRPMK dan shearwall dengan beban gempa desain PUSKIM 2012 sebagai berikut:

a. Struktur Sekunder

- Plat Tangga

Tabel 10. 9 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PUSKIM 2012

Jenis Plat	Tebal (mm)	Tumpuan		Lapangan	
		Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
Plat Tangga	150	D 10 - 150	Ø 10 - 150	D 10 - 150	Ø 10 - 150
Plat Bordes	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200

Tabel 10. 10 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Tangga dan Plat Bordes Tangga Utama Beban Gempa PUSKIM 2012

Jenis Plat	Tebal (mm)	Tumpuan		Lapangan	
		Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
Plat Tangga	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
Plat Bordes	150	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200

- Plat Lantai

Tabel 10. 11 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Lantai Satu Arah Beban Gempa PUSKIM 2012

Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
D	120	1.5	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	-
F	120	1.5	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	-

Tabel 10. 12 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Plat Lantai Dua Arah Beban Gempa PUSKIM 2012

Tipe Plat	Tebal (mm)	Lx (m)	Ly (m)	Tumpuan		Lapangan	
				Tul.Utama	Tul.Bagi	Tul.Utama	Tul.Bagi
A	120	3	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
B	120	1.7	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
C	120	2.3	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
E	120	1.5	2	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200
G	120	2.7	3	D 10 - 200	Ø 10 - 200	D 10 - 200	Ø 10 - 200

- Balok Sekunder

Tabel 10. 13 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Sekunder Beban Gempa PUSKIM 2012

Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tul. Samping
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
BA1	150	400	4 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA2	250	400	4 D 19	2 D 19	2 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA3	150	500	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA4	300	500	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA5	500	500	6 D 19	3 D 19	4 D 19	4 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA6	150	600	3 D 19	2 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA7	200	600	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA8	300	600	7 D 19	4 D 19	3 D 19	4 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA9	400	600	5 D 19	3 D 19	3 D 19	5 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA10	150	700	3 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA11	300	700	3 D 19	2 D 19	2 D 19	2 D 19	2 Ø 10 - 150	2 Ø 10 - 200	2 D 13
BA12	400	700	5 D 19	3 D 19	3 D 19	5 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13
BA13	400	800	4 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 Ø 10 - 100	2 Ø 10 - 150	2 D 13

b. Struktur Primer

- Balok Induk

Tabel 10. 14 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Balok Primer Beban Gempa PUSKIM 2012

Tipe Balok	Dimensi		Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Confine ment
	b (mm)	h (mm)	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan	
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan			
B1	500	800	5 D 25	4 D 25	4 D 25	3 D 25	2 Ø 13 - 100	2 Ø 13 - 100	2 D 10
B2	600	800	6 D 25	5 D 25	5 D 25	4 D 25	2 Ø 13 - 100	2 Ø 13 - 200	2 D 10

- Kolom

Tabel 10. 15 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan Kolom Beban Gempa PUSKIM 2012

Tipe Kolom	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan Transversal	
	b (mm)	h (mm)		Sejarak lo	
				Diluar lo	Diluar lo
K1	550	800	26 D 19	3 D 13 - 100	3 D 13 - 150
K2	500	900	20 D 19	5 D 13 - 100	5 D 13 - 150
K3	500	700	18 D 19	4 D 13 - 100	4 D 13 - 150

- Hubungan Balok-Kolom

Tabel 10. 16 Tabel Kesimpulan Kebutuhan Tulangan HBK Gempa PUSKIM 2012

Tipe HBK	Dimensi		Tulangan Lentur	Tulangan Transversal
	b (mm)	h (mm)		
K1-K1	550	800	26 D 19	4 D 13 - 100
K2-K2	500	900	20 D 19	3 D 13 - 100
K3-K3	500	700	18 D 19	2 D 13 - 100

4. Selisih kebutuhan tulangan dari beban gempa desain dengan metode PSHA dan PUSKIM 2012 sebesar 1,29 %

10.2 Saran

Adapun beberapa saran dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Dalam pengerjaan tugas akhir ini, hendaknya menyusun sistematika yang runtut sehingga dalam penyusunan laporan dan perhitungan tidak akan ada yang terlewati
2. Perlunya mengumpulkan seluruh data terlebih dahulu, agar saat perhitungan gempa maupun struktur tidak akan ada masalah yang berarti
3. Perlunya ketelitian dalam membaca grafik dan pembuatan grafik sangat diperlukan dalam pembuatan tugas akhir ini

DAFTAR PUSKATA

- ASCE 7-2010. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structure*. American Society of Civil Engineers. Reston, Virginia.
- Asrurifak, M., Irsyam, M., Budiono, B., Triyoso, W. and Hendriyawan, *Development of Spectral Hazard Map for Indonesia with Return Period of 2500 Years using Probabilistic Method*, *J. Civil Engineering Dimension*, 12 (1): 52–62, 2010.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI 03-2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. *SNI 03-1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Irsyam, M., et al. 2007, *Usulan Revisi Peta Hazard Kegempaan Wilayah Indonesia*, Paper Seminar HAKI, Konstruksi Tahan Gempa Di Indonesia, Jakarta, 21-22 Agustus 2007
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- United State Geological Survey (USGS). *NEIC Earthquake Search Result*. Online, (<http://neic.usgs.gov/cgibin/epic/epic.cgi?search>), diakses tanggal 31 Desember 2018)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Avita Nurul Hidayati, lahir di Kabupaten Nganjuk, 03 Agustus 1997, merupakan anak ke dua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi II, SD Negeri Selorejo I, SMP Negeri 4 Nganjuk dan SMA Negeri 2 Nganjuk. Penulis merupakan mahasiswa di program studi Diploma IV Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 dengan mengamil konsentrasi studi bangun gedung. pada saat mengenyam bangku kuliah, penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi, seperti Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) Departemen Internal tahun 2017/2018 sebagai ketua divisi dan BEM Fakultas Vokasi 2018 sebagai Bendahara Umum. Penulis juga aktif dalam mengikuti perlombaan di bidang *eco-building* dan menjuarai perlombaan pada *eco-village* IPB 2016 sebagai juara I beregu dan pada tahun 2017 sebagai juara III beregu. Penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan seperti halnya pada kegiatan GERIGI ITS sebagai fasilitator acara, D'village 2015/2016 sebagai konseptor muda, Seminar Perempuan ITS sebagai fasilitator Acara, dan lain-lain. Selain itu, penulis juga aktif dalam beberapa pelatihan, seperti halnya LKMM TD hingga LKMM TM FV ITS 2018. Penulis juga memiliki pengalaman terhadap kegiatan magang kerja praktek di PT. Waringin Megah pada Proyek Pembangunan Kantor IGS, Surabaya, Jawa Timur. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : Avita.nurul@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini, Avita Nurul Hidayati mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan karunia Nya, sehingga tugas akhir terapan ini dapat diselesaikan meskipun hambatan dan rintangan selalu menghampiri.
2. Kedua orang tua, Almarhum Bapak Suradji dan Ibu Ruba'iyah, Serta kakak saya Dodik Yuniar Rachmad yang terus menerus memberikan doa dan dukungan moril maupun materiil selama perjalanan saya menempuh pendidikan Sarjana Terapan Teknik di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, sampai saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan tepat waktu.
3. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir terapan ini dengan sebaik-baiknya.
4. Seluruh dosen dan karyawan di Kampus ITS Manyar yang telah memberikan ilmu, dukungan dan bimbingan kepada saya selama belajar di Kampus ITS Manyar.
5. Saktiyan Andre Arko yang selalu membantu bila ada kesusahan, dukungan, memberi semangat serta doa untuk menyelesaikan Tugas Akhir Terapan.
6. Teman-teman DS36, khususnya Kelas A15 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan semangat, perhatian dan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
7. Teman-teman di Kampus ITS dan di luar kampus ITS yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi selama penyusunan tugas akhir terapan ini.

8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun tugas akhir terapan ini.

Saya berharap semoga amal kebaikan dari seluruh pihak yang terlibat mendapat Ridlo dan balasan dari Allah S.W.T. Saya menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan, untuk itu saya mengharapkan saran dan kritik

yang membangun demi sempurnanya penyusunan Tugas Akhir Terapan ini. Akhir kata saya berharap semoga Tugas Akhir Terapan ini bermanfaat bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 29 July 2019

Penulis

Lampiran 1
(Data Gempa PSHA)

No	Time	Tempat	a	a	a	a
			(Matuska)	(Esteva)	(Donovan II)	(Joyner-boore)
			(g)	(g)	(g)	(g)
1	1921-09-11T04:01:44.000Z	south of Java, Indonesia	0.0510	0.0027	0.0125	0.0011
2	1926-09-10T10:34:27.000Z	south of Java, Indonesia	0.0426	0.0027	0.0123	0.0017
3	1934-04-10T10:23:02.000Z	Bali Sea	0.0251	0.0016	0.0081	0.0013
4	1937-09-27T08:55:19.000Z	Java, Indonesia	0.0357	0.0024	0.0110	0.0018
5	1943-07-23T14:53:10.000Z	Java, Indonesia	0.0346	0.0020	0.0096	0.0011
6	1950-06-19T12:37:05.000Z	Java, Indonesia	0.1037	0.0172	0.0532	0.0262
7	1953-08-17T03:14:41.000Z	Bali Sea	0.0209	0.0015	0.0075	0.0015
8	1955-05-29T15:34:09.000Z	south of Java, Indonesia	0.0200	0.0011	0.0059	0.0006
9	1957-08-23T22:51:09.000Z	Java, Indonesia	0.0351	0.0045	0.0178	0.0088
10	1957-10-12T18:57:09.000Z	Java, Indonesia	0.0181	0.0012	0.0062	0.0011
11	1958-10-20T01:12:39.000Z	south of Java, Indonesia	0.0258	0.0022	0.0101	0.0028
12	1958-11-22T00:04:25.000Z	south of Java, Indonesia	0.0145	0.0008	0.0045	0.0005
13	1959-11-03T09:40:09.000Z	south of Java, Indonesia	0.0120	0.0006	0.0035	0.0003
14	1962-12-21T00:44:20.000Z	south of Java, Indonesia	0.0290	0.0024	0.0109	0.0027
15	1962-12-22T01:59:49.000Z	south of Java, Indonesia	0.0255	0.0020	0.0095	0.0022
16	1963-05-06T08:38:29.000Z	south of Java, Indonesia	0.0200	0.0017	0.0081	0.0022
17	1963-05-18T12:20:32.000Z	Bali region, Indonesia	0.0135	0.0009	0.0047	0.0008
18	1963-05-22T21:53:04.000Z	Bali region, Indonesia	0.0149	0.0009	0.0049	0.0007
19	1963-07-28T07:55:23.000Z	south of Java, Indonesia	0.0105	0.0005	0.0031	0.0003
20	1963-08-04T07:08:43.000Z	south of Bali, Indonesia	0.0133	0.0009	0.0050	0.0011
21	1964-02-29T23:49:47.000Z	Java, Indonesia	0.0265	0.0026	0.0115	0.0061
22	1965-11-23T16:31:06.000Z	Java, Indonesia	0.0194	0.0015	0.0075	0.0018
23	1966-05-02T16:39:45.000Z	Bali region, Indonesia	0.0136	0.0009	0.0050	0.0011
24	1967-02-19T22:14:36.000Z	Java, Indonesia	0.0341	0.0030	0.0130	0.0038
25	1967-11-26T02:54:05.000Z	Java, Indonesia	0.0268	0.0028	0.0122	0.0107
26	1970-12-21T14:40:44.000Z	Lombok region, Indonesia	0.0111	0.0005	0.0033	0.0003
27	1970-12-24T01:49:56.000Z	Lombok region, Indonesia	0.0084	0.0004	0.0026	0.0002
28	1971-07-03T08:10:05.000Z	Java, Indonesia	0.0197	0.0018	0.0083	0.0026
29	1972-05-04T04:11:35.000Z	south of Java, Indonesia	0.0099	0.0005	0.0032	0.0004
30	1972-11-04T21:35:56.000Z	Java, Indonesia	0.0391	0.0045	0.0180	0.0078
31	1973-03-12T05:57:02.000Z	south of Java, Indonesia	0.0155	0.0010	0.0055	0.0010
32	1973-10-02T12:23:23.200Z	Bali region, Indonesia	0.0165	0.0010	0.0054	0.0008
33	1974-03-25T16:31:45.000Z	Java, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0031	0.0003
34	1974-05-09T05:53:13.300Z	south of Java, Indonesia	0.0106	0.0006	0.0035	0.0004
35	1974-05-17T21:18:07.600Z	south of Bali, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0035	0.0003
36	1974-05-19T09:14:25.300Z	south of Bali, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0035	0.0003
37	1974-05-20T16:28:37.200Z	south of Java, Indonesia	0.0112	0.0006	0.0034	0.0003
38	1974-05-21T07:57:11.100Z	Java, Indonesia	0.0204	0.0016	0.0079	0.0022
39	1974-05-30T16:25:23.700Z	south of Bali, Indonesia	0.0097	0.0005	0.0031	0.0003
40	1974-11-02T21:43:16.800Z	south of Java, Indonesia	0.0156	0.0010	0.0053	0.0008
41	1974-11-08T02:26:33.300Z	Java, Indonesia	0.0143	0.0010	0.0053	0.0012
42	1975-01-15T20:29:53.900Z	Java, Indonesia	0.0396	0.0042	0.0169	0.0132
43	1975-01-20T13:39:54.400Z	south of Java, Indonesia	0.0165	0.0011	0.0057	0.0011
44	1975-02-20T22:32:50.700Z	south of Bali, Indonesia	0.0150	0.0010	0.0052	0.0009
45	1975-08-10T15:57:24.700Z	south of Java, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0037	0.0005
46	1975-10-27T09:31:46.100Z	south of Java, Indonesia	0.0186	0.0012	0.0061	0.0010
47	1975-11-06T01:34:27.700Z	Bali region, Indonesia	0.0174	0.0013	0.0068	0.0029
48	1975-12-28T15:24:50.800Z	Bali Sea	0.0211	0.0013	0.0068	0.0018
49	1976-01-18T01:36:31.100Z	south of Java, Indonesia	0.0092	0.0004	0.0028	0.0002
50	1976-02-14T20:31:38.200Z	Java, Indonesia	0.0143	0.0007	0.0040	0.0003
51	1976-07-14T07:13:24.000Z	Bali region, Indonesia	0.0328	0.0025	0.0112	0.0023
52	1976-07-14T10:23:45.800Z	Bali region, Indonesia	0.0273	0.0021	0.0098	0.0021
53	1977-01-01T17:35:54.900Z	Java, Indonesia	0.0139	0.0007	0.0041	0.0004
54	1977-01-26T13:11:29.800Z	Bali region, Indonesia	0.0158	0.0011	0.0057	0.0011
55	1977-01-29T13:40:32.200Z	south of Java, Indonesia	0.0157	0.0011	0.0058	0.0012
56	1977-04-05T11:23:20.200Z	south of Java, Indonesia	0.0153	0.0011	0.0058	0.0013
57	1977-04-09T21:20:16.900Z	south of Java, Indonesia	0.0168	0.0013	0.0064	0.0015
58	1977-05-03T13:22:38.600Z	south of Java, Indonesia	0.0118	0.0007	0.0040	0.0006
59	1977-06-27T03:04:39.100Z	south of Bali, Indonesia	0.0087	0.0004	0.0025	0.0002
60	1977-07-18T18:11:41.100Z	Java, Indonesia	0.0153	0.0010	0.0053	0.0009
61	1977-08-08T01:42:55.600Z	Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0035	0.0004
62	1977-09-07T02:44:26.000Z	south of Bali, Indonesia	0.0097	0.0005	0.0030	0.0003
63	1977-09-11T14:16:03.500Z	south of Java, Indonesia	0.0186	0.0016	0.0076	0.0021
64	1977-09-13T03:01:41.500Z	south of Java, Indonesia	0.0197	0.0016	0.0078	0.0020
65	1977-09-14T13:33:48.000Z	south of Java, Indonesia	0.0110	0.0006	0.0034	0.0003
66	1977-11-09T05:25:24.500Z	Java, Indonesia	0.0226	0.0022	0.0099	0.0085
67	1977-11-23T16:11:16.100Z	Java, Indonesia	0.0138	0.0009	0.0047	0.0008
68	1978-01-14T14:55:52.100Z	south of Java, Indonesia	0.0121	0.0006	0.0037	0.0004
69	1978-02-03T11:03:52.900Z	Bali region, Indonesia	0.0157	0.0011	0.0058	0.0015
70	1978-10-14T18:41:13.700Z	Java, Indonesia	0.0318	0.0031	0.0134	0.0238
71	1979-02-18T02:42:34.600Z	Bali Sea	0.0144	0.0008	0.0046	0.0006
72	1979-05-14T09:14:21.700Z	Java, Indonesia	0.0247	0.0025	0.0110	0.0037
73	1979-05-15T01:06:12.900Z	Java, Indonesia	0.0249	0.0026	0.0114	0.0048
74	1979-05-21T16:31:05.200Z	Bali region, Indonesia	0.0160	0.0009	0.0050	0.0006
75	1979-05-30T09:38:52.900Z	Bali region, Indonesia	0.0121	0.0012	0.0063	0.0007
76	1979-06-21T09:45:15.000Z	Bali region, Indonesia	0.0116	0.0007	0.0038	0.0005
77	1979-07-29T22:34:43.900Z	Java, Indonesia	0.0116	0.0007	0.0039	0.0006
78	1979-08-07T04:41:52.900Z	Java, Indonesia	0.0120	0.0006	0.0035	0.0003
79	1979-09-24T00:25:08.900Z	Bali region, Indonesia	0.0181	0.0014	0.0071	0.0020
80	1979-10-07T19:27:49.000Z	Java, Indonesia	0.0165	0.0012	0.0061	0.0022
81	1979-10-20T01:41:10.400Z	Bali region, Indonesia	0.0193	0.0011	0.0060	0.0007
82	1979-12-17T19:58:23.800Z	Bali region, Indonesia	0.0199	0.0011	0.0060	0.0007

83	1980-01-21T16:29:20.900Z	Lombok region, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0037	0.0004
84	1980-03-04T14:17:31.300Z	Lombok region, Indonesia	0.0104	0.0006	0.0033	0.0003
85	1980-03-04T14:28:37.200Z	Lombok region, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0032	0.0003
86	1980-03-31T13:14:46.600Z	Java, Indonesia	0.0238	0.0022	0.0101	0.0032
87	1980-04-16T12:18:20.600Z	Java, Indonesia	0.0140	0.0007	0.0040	0.0003
88	1980-04-16T12:23:48.300Z	Java, Indonesia	0.0130	0.0006	0.0037	0.0003
89	1980-08-13T00:17:48.900Z	Java, Indonesia	0.0373	0.0052	0.0199	0.0090
90	1980-12-24T23:55:06.400Z	Java, Indonesia	0.0265	0.0023	0.0104	0.0029
91	1981-03-13T23:22:35.170Z	Java, Indonesia	0.0184	0.0012	0.0062	0.0011
92	1981-07-06T00:00:39.250Z	Java, Indonesia	0.0281	0.0032	0.0135	0.0103
93	1981-12-13T20:35:56.600Z	south of Java, Indonesia	0.0223	0.0016	0.0079	0.0117
94	1982-07-13T05:46:43.010Z	Bali region, Indonesia	0.0132	0.0008	0.0046	0.0009
95	1982-07-23T13:51:42.370Z	south of Java, Indonesia	0.0108	0.0006	0.0034	0.0003
96	1982-10-26T12:44:21.900Z	Java, Indonesia	0.0121	0.0006	0.0035	0.0003
97	1982-10-28T15:30:14.740Z	Java, Indonesia	0.0108	0.0006	0.0033	0.0004
98	1983-03-05T08:57:04.020Z	south of Bali, Indonesia	0.0094	0.0005	0.0028	0.0002
99	1983-04-04T15:21:37.240Z	south of Java, Indonesia	0.0156	0.0012	0.0060	0.0014
100	1983-04-16T12:57:49.980Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0036	0.0004
101	1983-08-12T11:50:46.790Z	Java, Indonesia	0.0171	0.0013	0.0066	0.0017
102	1983-08-13T22:28:19.620Z	Java, Indonesia	0.0214	0.0017	0.0082	0.0021
103	1983-08-17T09:29:50.040Z	Java, Indonesia	0.0209	0.0016	0.0079	0.0020
104	1983-11-01T07:28:37.800Z	Java, Indonesia	0.0186	0.0015	0.0074	0.0020
105	1983-12-01T01:41:41.790Z	south of Bali, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0037	0.0005
106	1984-01-26T18:55:28.220Z	south of Java, Indonesia	0.0164	0.0013	0.0065	0.0016
107	1984-02-02T11:30:33.640Z	south of Bali, Indonesia	0.0080	0.0004	0.0027	0.0003
108	1984-02-08T00:20:21.950Z	south of Java, Indonesia	0.0156	0.0011	0.0056	0.0011
109	1984-04-06T23:50:44.740Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0030	0.0003
110	1984-05-03T12:28:51.790Z	Java, Indonesia	0.0164	0.0014	0.0068	0.0021
111	1984-06-08T14:48:51.920Z	south of Bali, Indonesia	0.0125	0.0008	0.0044	0.0007
112	1984-06-11T14:14:13.120Z	south of Bali, Indonesia	0.0164	0.0012	0.0060	0.0013
113	1984-07-16T03:27:57.280Z	Java, Indonesia	0.0184	0.0015	0.0075	0.0025
114	1984-08-03T22:41:16.400Z	Bali Sea	0.0190	0.0016	0.0076	0.0020
115	1984-08-11T05:09:04.380Z	south of Java, Indonesia	0.0107	0.0005	0.0032	0.0003
116	1984-09-18T20:24:39.370Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0007	0.0038	0.0005
117	1984-09-22T23:39:14.050Z	south of Java, Indonesia	0.0124	0.0007	0.0042	0.0006
118	1985-02-02T04:30:30.120Z	south of Bali, Indonesia	0.0106	0.0005	0.0032	0.0003
119	1985-02-16T08:43:56.070Z	Bali region, Indonesia	0.0126	0.0007	0.0042	0.0006
120	1985-03-15T03:47:48.730Z	south of Java, Indonesia	0.0124	0.0008	0.0043	0.0007
121	1985-04-13T01:06:00.190Z	south of Bali, Indonesia	0.0178	0.0012	0.0063	0.0014
122	1985-04-23T22:10:38.700Z	Java, Indonesia	0.0221	0.0018	0.0086	0.0021
123	1985-04-28T18:19:40.740Z	south of Java, Indonesia	0.0184	0.0015	0.0075	0.0020
124	1985-06-13T20:54:49.840Z	south of Java, Indonesia	0.0151	0.0010	0.0055	0.0012
125	1985-07-09T13:26:57.990Z	Java, Indonesia	0.0143	0.0009	0.0051	0.0009
126	1985-07-12T22:50:19.270Z	south of Java, Indonesia	0.0164	0.0013	0.0064	0.0016
127	1985-07-23T03:23:17.030Z	Java, Indonesia	0.0102	0.0007	0.0040	0.0009
128	1985-09-06T09:38:46.070Z	south of Java, Indonesia	0.0154	0.0010	0.0052	0.0009
129	1985-09-09T18:53:03.040Z	south of Bali, Indonesia	0.0141	0.0009	0.0049	0.0008
130	1985-09-11T08:37:35.430Z	south of Java, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0029	0.0003
131	1985-09-11T08:57:44.980Z	Java, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0029	0.0003
132	1985-11-20T02:49:44.890Z	south of Java, Indonesia	0.0114	0.0006	0.0038	0.0005
133	1986-03-09T08:41:56.680Z	Java, Indonesia	0.0166	0.0016	0.0075	0.0035
134	1986-05-12T10:35:00.420Z	Java, Indonesia	0.0500	0.0084	0.0293	0.0150
135	1986-05-28T01:45:04.120Z	Lombok region, Indonesia	0.0093	0.0005	0.0029	0.0003
136	1986-08-30T18:45:15.410Z	south of Java, Indonesia	0.0175	0.0013	0.0066	0.0015
137	1987-04-02T11:23:16.570Z	Lombok region, Indonesia	0.0091	0.0004	0.0028	0.0002
138	1987-05-10T00:37:10.020Z	Bali Sea	0.0133	0.0008	0.0044	0.0006
139	1987-06-18T11:44:22.160Z	south of Java, Indonesia	0.0133	0.0008	0.0045	0.0007
140	1987-11-10T20:17:54.490Z	Java Sea	0.0248	0.0025	0.0110	0.0037
141	1987-11-18T01:34:00.140Z	Java, Indonesia	0.0082	0.0004	0.0026	0.0002
142	1987-12-17T20:22:58.360Z	south of Bali, Indonesia	0.0186	0.0012	0.0064	0.0011
143	1988-02-27T10:14:02.310Z	south of Bali, Indonesia	0.0149	0.0010	0.0054	0.0011
144	1988-04-04T16:12:25.290Z	south of Java, Indonesia	0.0211	0.0016	0.0080	0.0019
145	1988-04-13T19:10:06.890Z	south of Java, Indonesia	0.0171	0.0013	0.0064	0.0014
146	1988-07-14T23:18:08.990Z	Java, Indonesia	0.0330	0.0038	0.0155	0.0058
147	1988-09-25T07:01:14.180Z	Java, Indonesia	0.0122	0.0007	0.0039	0.0006
148	1988-11-23T05:22:26.150Z	Lombok region, Indonesia	0.0115	0.0007	0.0038	0.0005
149	1989-04-17T14:20:31.140Z	Java, Indonesia	0.0289	0.0032	0.0136	0.0087
150	1989-09-12T08:55:57.920Z	south of Java, Indonesia	0.0127	0.0008	0.0045	0.0008
151	1989-09-12T15:29:15.480Z	south of Java, Indonesia	0.0117	0.0008	0.0042	0.0007
152	1989-10-10T06:45:38.130Z	south of Java, Indonesia	0.0144	0.0012	0.0062	0.0018
153	1989-10-25T06:46:42.710Z	Java, Indonesia	0.0608	0.0122	0.0394	0.0263
154	1989-10-31T18:44:20.660Z	south of Java, Indonesia	0.0169	0.0013	0.0067	0.0017
155	1989-10-31T19:35:00.450Z	south of Java, Indonesia	0.0165	0.0013	0.0065	0.0016
156	1989-12-03T11:11:56.390Z	Java, Indonesia	0.0150	0.0013	0.0066	0.0023
157	1990-01-14T07:08:53.810Z	Java, Indonesia	0.0090	0.0004	0.0028	0.0002
158	1990-01-18T01:04:31.050Z	south of Java, Indonesia	0.0103	0.0005	0.0033	0.0003
159	1990-02-04T07:58:14.070Z	south of Java, Indonesia	0.0108	0.0005	0.0033	0.0003
160	1990-03-26T11:23:09.590Z	Java Sea	0.0254	0.0027	0.0118	0.0042
161	1990-05-21T13:24:36.690Z	Java, Indonesia	0.0095	0.0005	0.0030	0.0003
162	1990-06-18T16:52:55.260Z	Java, Indonesia	0.0171	0.0013	0.0067	0.0016
163	1990-08-26T05:16:39.850Z	south of Java, Indonesia	0.0121	0.0008	0.0045	0.0008
164	1990-08-26T23:13:33.690Z	south of Java, Indonesia	0.0155	0.0010	0.0054	0.0009
165	1990-10-08T17:00:06.980Z	south of Java, Indonesia	0.0128	0.0008	0.0045	0.0008
166	1990-10-15T19:50:24.060Z	south of Bali, Indonesia	0.0089	0.0005	0.0030	0.0004
167	1990-11-08T14:10:42.240Z	Java, Indonesia	0.0069	0.0003	0.0022	0.0002

168	1990-12-09T05:26:49.670Z	Java, Indonesia	0.0144	0.0010	0.0053	0.0010
169	1991-02-22T01:10:17.010Z	south of Java, Indonesia	0.0131	0.0008	0.0044	0.0006
170	1991-03-11T01:44:56.780Z	south of Bali, Indonesia	0.0123	0.0007	0.0038	0.0004
171	1991-06-02T16:50:11.440Z	Java, Indonesia	0.0188	0.0015	0.0075	0.0022
172	1991-07-04T06:54:16.180Z	Java, Indonesia	0.0190	0.0014	0.0072	0.0020
173	1991-07-05T04:30:52.550Z	south of Bali, Indonesia	0.0177	0.0011	0.0057	0.0008
174	1991-08-07T23:00:26.300Z	south of Java, Indonesia	0.0122	0.0008	0.0042	0.0006
175	1991-11-26T13:47:37.180Z	Java, Indonesia	0.0186	0.0015	0.0074	0.0023
176	1992-02-04T01:58:39.740Z	Java, Indonesia	0.0066	0.0004	0.0023	0.0003
177	1992-02-20T22:48:43.030Z	Lombok region, Indonesia	0.0103	0.0005	0.0031	0.0004
178	1992-03-30T13:42:17.140Z	Bali region, Indonesia	0.0184	0.0014	0.0071	0.0016
179	1992-04-14T04:52:13.610Z	south of Java, Indonesia	0.0139	0.0009	0.0049	0.0008
180	1992-06-09T00:31:56.310Z	Java, Indonesia	0.0260	0.0021	0.0098	0.0025
181	1992-06-26T02:36:13.460Z	Java, Indonesia	0.0158	0.0015	0.0074	0.0027
182	1992-07-05T06:00:51.370Z	Java, Indonesia	0.0258	0.0027	0.0117	0.0040
183	1992-11-21T03:04:08.050Z	Java, Indonesia	0.0123	0.0008	0.0046	0.0009
184	1992-12-16T05:07:58.480Z	Bali Sea	0.0099	0.0005	0.0031	0.0003
185	1992-12-21T03:21:17.210Z	south of Java, Indonesia	0.0130	0.0008	0.0045	0.0007
186	1993-03-22T05:24:56.030Z	Java, Indonesia	0.0166	0.0012	0.0063	0.0014
187	1993-04-10T17:58:07.250Z	Java, Indonesia	0.0187	0.0016	0.0076	0.0024
188	1993-04-30T01:51:39.190Z	south of Java, Indonesia	0.0174	0.0014	0.0069	0.0018
189	1993-06-27T15:32:59.020Z	south of Bali, Indonesia	0.0064	0.0003	0.0022	0.0003
190	1993-08-26T01:43:10.470Z	Java, Indonesia	0.0154	0.0010	0.0053	0.0009
191	1994-01-16T19:12:58.160Z	Bali region, Indonesia	0.0142	0.0010	0.0052	0.0012
192	1994-01-18T06:46:10.120Z	Java, Indonesia	0.0244	0.0023	0.0105	0.0061
193	1994-02-18T19:11:09.620Z	south of Java, Indonesia	0.0145	0.0010	0.0054	0.0011
194	1994-03-13T10:50:11.150Z	Java, Indonesia	0.0239	0.0024	0.0107	0.0048
195	1994-03-16T00:02:36.190Z	Java, Indonesia	0.0088	0.0004	0.0027	0.0002
196	1994-04-25T22:21:51.520Z	south of Java, Indonesia	0.0193	0.0015	0.0074	0.0018
197	1994-04-25T22:43:37.910Z	south of Java, Indonesia	0.0162	0.0012	0.0061	0.0015
198	1994-04-26T04:29:20.930Z	south of Java, Indonesia	0.0179	0.0014	0.0068	0.0015
199	1994-04-26T08:37:47.530Z	south of Java, Indonesia	0.0166	0.0013	0.0065	0.0015
200	1994-04-26T09:16:49.640Z	south of Java, Indonesia	0.0185	0.0014	0.0071	0.0017
201	1994-04-27T08:22:32.850Z	south of Java, Indonesia	0.0174	0.0013	0.0065	0.0015
202	1994-04-30T03:41:25.220Z	south of Java, Indonesia	0.0165	0.0013	0.0064	0.0017
203	1994-06-02T18:17:34.020Z	south of Java, Indonesia	0.0654	0.0037	0.0162	0.0016
204	1994-06-03T02:55:17.480Z	south of Java, Indonesia	0.0123	0.0007	0.0042	0.0006
205	1994-06-03T04:54:50.030Z	south of Java, Indonesia	0.0112	0.0007	0.0038	0.0005
206	1994-06-03T05:10:07.560Z	south of Java, Indonesia	0.0117	0.0007	0.0040	0.0006
207	1994-06-03T10:14:39.410Z	south of Java, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0032	0.0003
208	1994-06-03T12:33:22.670Z	south of Java, Indonesia	0.0137	0.0008	0.0044	0.0006
209	1994-06-03T13:39:24.300Z	south of Bali, Indonesia	0.0168	0.0011	0.0059	0.0010
210	1994-06-03T16:33:10.520Z	south of Java, Indonesia	0.0193	0.0015	0.0073	0.0017
211	1994-06-03T18:16:19.090Z	south of Java, Indonesia	0.0110	0.0006	0.0037	0.0005
212	1994-06-03T18:54:46.730Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0036	0.0004
213	1994-06-03T21:06:59.880Z	south of Java, Indonesia	0.0256	0.0015	0.0076	0.0009
214	1994-06-03T21:19:50.120Z	south of Java, Indonesia	0.0128	0.0007	0.0041	0.0005
215	1994-06-03T21:21:09.540Z	south of Java, Indonesia	0.0189	0.0011	0.0058	0.0007
216	1994-06-03T21:57:29.960Z	south of Java, Indonesia	0.0121	0.0007	0.0039	0.0005
217	1994-06-03T21:59:45.030Z	south of Java, Indonesia	0.0128	0.0007	0.0041	0.0005
218	1994-06-03T23:02:00.550Z	south of Java, Indonesia	0.0154	0.0009	0.0049	0.0006
219	1994-06-03T23:42:31.070Z	south of Java, Indonesia	0.0146	0.0008	0.0047	0.0006
220	1994-06-04T00:57:50.660Z	south of Java, Indonesia	0.0205	0.0011	0.0058	0.0006
221	1994-06-04T05:17:17.600Z	south of Java, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0030	0.0002
222	1994-06-04T05:54:29.300Z	south of Java, Indonesia	0.0133	0.0007	0.0042	0.0005
223	1994-06-04T11:18:53.040Z	south of Java, Indonesia	0.0071	0.0004	0.0024	0.0003
224	1994-06-04T11:36:36.070Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0031	0.0003
225	1994-06-04T12:04:27.870Z	south of Java, Indonesia	0.0072	0.0004	0.0025	0.0003
226	1994-06-04T14:57:59.660Z	south of Java, Indonesia	0.0091	0.0005	0.0031	0.0004
227	1994-06-04T20:09:34.700Z	south of Java, Indonesia	0.0090	0.0005	0.0029	0.0003
228	1994-06-05T01:45:02.160Z	south of Java, Indonesia	0.0168	0.0010	0.0053	0.0007
229	1994-06-05T05:32:33.680Z	south of Java, Indonesia	0.0109	0.0006	0.0034	0.0003
230	1994-06-05T05:56:45.390Z	south of Java, Indonesia	0.0140	0.0008	0.0043	0.0004
231	1994-06-05T06:20:58.550Z	south of Java, Indonesia	0.0162	0.0010	0.0056	0.0009
232	1994-06-05T17:51:57.020Z	south of Java, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0032	0.0004
233	1994-06-05T18:30:15.130Z	south of Java, Indonesia	0.0116	0.0006	0.0037	0.0004
234	1994-06-05T19:35:41.270Z	south of Java, Indonesia	0.0092	0.0005	0.0028	0.0002
235	1994-06-05T20:11:14.230Z	south of Bali, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0038	0.0005
236	1994-06-06T01:08:31.290Z	south of Java, Indonesia	0.0077	0.0004	0.0026	0.0003
237	1994-06-06T02:18:36.500Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0038	0.0005
238	1994-06-06T02:23:33.750Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0031	0.0003
239	1994-06-06T04:55:11.880Z	south of Java, Indonesia	0.0124	0.0007	0.0039	0.0005
240	1994-06-06T05:32:54.880Z	south of Java, Indonesia	0.0071	0.0004	0.0025	0.0003
241	1994-06-06T06:20:20.920Z	south of Java, Indonesia	0.0103	0.0005	0.0032	0.0003
242	1994-06-06T07:40:36.860Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0034	0.0003
243	1994-06-06T08:18:11.420Z	south of Java, Indonesia	0.0105	0.0006	0.0033	0.0004
244	1994-06-06T10:14:11.160Z	south of Java, Indonesia	0.0123	0.0007	0.0039	0.0005
245	1994-06-06T12:14:13.620Z	south of Java, Indonesia	0.0095	0.0005	0.0030	0.0003
246	1994-06-07T04:42:52.930Z	south of Java, Indonesia	0.0166	0.0012	0.0061	0.0013
247	1994-06-07T16:25:29.340Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0029	0.0002
248	1994-06-07T22:00:04.570Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0035	0.0003
249	1994-06-08T19:19:57.940Z	south of Java, Indonesia	0.0112	0.0006	0.0036	0.0004
250	1994-06-09T16:37:46.530Z	south of Java, Indonesia	0.0187	0.0011	0.0060	0.0008
251	1994-06-10T01:16:49.800Z	south of Java, Indonesia	0.0093	0.0005	0.0029	0.0003
252	1994-06-10T01:40:24.820Z	south of Java, Indonesia	0.0090	0.0004	0.0028	0.0002

253	1994-06-10T19:11:16.650Z	south of Java, Indonesia	0.0135	0.0008	0.0044	0.0006
254	1994-06-10T19:17:52.290Z	south of Java, Indonesia	0.0142	0.0008	0.0047	0.0006
255	1994-06-11T21:59:22.450Z	south of Java, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0037	0.0004
256	1994-06-12T01:35:21.400Z	south of Java, Indonesia	0.0074	0.0004	0.0027	0.0004
257	1994-06-12T01:47:19.150Z	south of Java, Indonesia	0.0127	0.0007	0.0041	0.0005
258	1994-06-12T02:14:42.120Z	south of Java, Indonesia	0.0105	0.0006	0.0034	0.0004
259	1994-06-12T08:03:23.460Z	south of Java, Indonesia	0.0099	0.0005	0.0032	0.0003
260	1994-06-12T13:53:07.570Z	south of Java, Indonesia	0.0125	0.0007	0.0040	0.0005
261	1994-06-13T06:49:31.230Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0031	0.0003
262	1994-06-13T21:04:09.430Z	south of Java, Indonesia	0.0114	0.0007	0.0039	0.0005
263	1994-06-13T21:10:06.160Z	south of Java, Indonesia	0.0160	0.0010	0.0052	0.0007
264	1994-06-13T21:50:54.680Z	south of Java, Indonesia	0.0107	0.0006	0.0034	0.0004
265	1994-06-13T22:48:27.540Z	south of Java, Indonesia	0.0156	0.0009	0.0050	0.0006
266	1994-06-14T01:48:18.830Z	south of Java, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0037	0.0005
267	1994-06-14T02:35:27.870Z	south of Java, Indonesia	0.0109	0.0006	0.0035	0.0004
268	1994-06-14T14:54:55.570Z	south of Java, Indonesia	0.0114	0.0006	0.0037	0.0005
269	1994-06-14T15:20:51.240Z	south of Java, Indonesia	0.0077	0.0004	0.0027	0.0004
270	1994-06-14T16:00:41.880Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0038	0.0005
271	1994-06-15T06:18:45.100Z	south of Java, Indonesia	0.0174	0.0013	0.0067	0.0016
272	1994-06-15T09:22:57.220Z	south of Java, Indonesia	0.0180	0.0010	0.0056	0.0007
273	1994-06-15T09:50:23.040Z	south of Java, Indonesia	0.0155	0.0009	0.0051	0.0007
274	1994-06-15T10:28:50.600Z	south of Java, Indonesia	0.0173	0.0010	0.0055	0.0007
275	1994-06-15T12:10:56.480Z	south of Java, Indonesia	0.0121	0.0007	0.0039	0.0005
276	1994-06-15T13:53:53.080Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0007	0.0039	0.0005
277	1994-06-16T12:48:45.720Z	south of Java, Indonesia	0.0104	0.0006	0.0034	0.0004
278	1994-06-18T22:38:19.000Z	south of Java, Indonesia	0.0108	0.0007	0.0038	0.0006
279	1994-06-19T03:20:46.170Z	south of Java, Indonesia	0.0191	0.0015	0.0072	0.0016
280	1994-06-19T12:57:01.280Z	south of Java, Indonesia	0.0133	0.0008	0.0044	0.0006
281	1994-06-19T13:50:38.140Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0036	0.0004
282	1994-06-22T19:11:54.580Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0038	0.0005
283	1994-06-26T06:14:36.280Z	south of Java, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0033	0.0004
284	1994-06-27T03:33:16.820Z	south of Java, Indonesia	0.0097	0.0005	0.0030	0.0003
285	1994-06-28T14:45:17.420Z	south of Java, Indonesia	0.0105	0.0006	0.0033	0.0004
286	1994-07-01T01:57:57.160Z	Java, Indonesia	0.0064	0.0003	0.0022	0.0003
287	1994-07-09T04:48:31.000Z	south of Java, Indonesia	0.0098	0.0005	0.0030	0.0003
288	1994-07-18T05:24:21.270Z	south of Java, Indonesia	0.0179	0.0013	0.0064	0.0012
289	1994-07-18T16:33:59.840Z	south of Java, Indonesia	0.0140	0.0010	0.0054	0.0012
290	1994-07-21T15:52:44.320Z	south of Java, Indonesia	0.0176	0.0013	0.0065	0.0013
291	1994-07-24T21:57:27.400Z	south of Java, Indonesia	0.0087	0.0005	0.0029	0.0004
292	1994-07-28T00:45:31.070Z	south of Java, Indonesia	0.0094	0.0005	0.0030	0.0003
293	1994-07-26T01:46:33.100Z	south of Java, Indonesia	0.0170	0.0010	0.0054	0.0007
294	1994-08-04T01:09:36.290Z	south of Java, Indonesia	0.0147	0.0010	0.0053	0.0010
295	1994-08-06T13:15:30.520Z	south of Java, Indonesia	0.0117	0.0006	0.0036	0.0003
296	1994-08-21T21:57:55.920Z	south of Java, Indonesia	0.0188	0.0015	0.0073	0.0018
297	1994-08-24T08:53:48.940Z	south of Java, Indonesia	0.0108	0.0006	0.0034	0.0003
298	1994-09-07T18:48:24.600Z	south of Java, Indonesia	0.0103	0.0006	0.0033	0.0004
299	1994-10-07T23:26:38.270Z	Lombok region, Indonesia	0.0089	0.0004	0.0027	0.0002
300	1994-12-01T03:55:07.490Z	Bali region, Indonesia	0.0112	0.0006	0.0037	0.0006
301	1995-02-24T16:44:07.570Z	Java, Indonesia	0.0141	0.0010	0.0052	0.0011
302	1995-05-05T10:09:06.580Z	Java, Indonesia	0.0104	0.0007	0.0037	0.0006
303	1995-05-05T17:19:19.390Z	Java, Indonesia	0.0199	0.0015	0.0074	0.0017
304	1995-05-10T19:01:12.470Z	Java, Indonesia	0.0229	0.0022	0.0102	0.0066
305	1995-07-27T12:21:32.430Z	Java, Indonesia	0.0142	0.0011	0.0058	0.0016
306	1996-03-23T07:32:03.930Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0009	0.0047	0.0013
307	1996-07-20T23:44:34.890Z	Bali region, Indonesia	0.0165	0.0012	0.0062	0.0014
308	1997-07-10T13:10:48.190Z	south of Java, Indonesia	0.0076	0.0004	0.0026	0.0003
309	1997-07-12T22:49:17.130Z	south of Java, Indonesia	0.0100	0.0006	0.0037	0.0007
310	1998-09-28T13:34:30.490Z	Java, Indonesia	0.0505	0.0049	0.0195	0.0129
311	1999-01-26T15:53:26.950Z	Java, Indonesia	0.0067	0.0003	0.0021	0.0002
312	1999-02-04T12:34:34.490Z	Java, Indonesia	0.0097	0.0006	0.0036	0.0007
313	1999-02-23T05:46:01.510Z	Java, Indonesia	0.0211	0.0019	0.0091	0.0027
314	1999-03-27T08:03:45.090Z	south of Java, Indonesia	0.0147	0.0011	0.0055	0.0012
315	2000-01-09T18:26:07.520Z	south of Java, Indonesia	0.0114	0.0006	0.0036	0.0004
316	2000-01-06T04:31:58.350Z	Lombok region, Indonesia	0.0089	0.0005	0.0030	0.0004
317	2000-01-15T02:11:58.580Z	south of Java, Indonesia	0.0145	0.0010	0.0054	0.0011
318	2000-01-16T09:09:34.500Z	south of Java, Indonesia	0.0100	0.0007	0.0041	0.0010
319	2000-01-29T08:13:10.730Z	Java, Indonesia	0.0143	0.0011	0.0058	0.0016
320	2000-02-12T03:11:02.690Z	Java, Indonesia	0.0163	0.0015	0.0073	0.0031
321	2000-04-03T11:13:17.970Z	Java, Indonesia	0.0146	0.0010	0.0054	0.0012
322	2000-09-05T02:58:00.420Z	Java, Indonesia	0.0136	0.0012	0.0062	0.0034
323	2001-01-07T12:55:46.890Z	Java, Indonesia	0.0074	0.0004	0.0023	0.0002
324	2001-01-14T19:51:26.360Z	Java, Indonesia	0.0294	0.0032	0.0136	0.0058
325	2001-01-19T20:26:41.700Z	Java, Indonesia	0.0226	0.0020	0.0094	0.0037
326	2001-03-23T06:55:44.500Z	south of Java, Indonesia	0.0075	0.0004	0.0026	0.0003
327	2001-05-25T05:06:10.680Z	Java, Indonesia	0.0224	0.0014	0.0072	0.0015
328	2001-08-07T03:22:35.890Z	Java, Indonesia	0.0192	0.0017	0.0081	0.0027
329	2001-10-14T01:10:45.610Z	Java, Indonesia	0.0168	0.0012	0.0061	0.0013
330	2002-06-21T05:07:11.930Z	Java, Indonesia	0.0242	0.0034	0.0139	0.0071
331	2002-08-26T17:36:44.700Z	Java, Indonesia	0.0366	0.0052	0.0197	0.0090
332	2003-01-06T21:16:01.190Z	Java, Indonesia	0.0146	0.0010	0.0053	0.0012
333	2003-02-24T10:39:43.350Z	Bali Sea	0.0152	0.0014	0.0070	0.0023
334	2003-05-28T01:34:02.080Z	Java, Indonesia	0.0178	0.0019	0.0087	0.0036
335	2003-07-19T21:20:37.010Z	Java, Indonesia	0.0218	0.0017	0.0084	0.0021
336	2003-08-25T22:17:20.320Z	Java, Indonesia	0.0144	0.0013	0.0065	0.0022
337	2003-09-08T06:26:32.230Z	Java, Indonesia	0.0161	0.0010	0.0055	0.0009

338	2003-09-16T16:41:15.720Z	Java, Indonesia	0.0253	0.0027	0.0117	0.0053
339	2003-11-20T12:24:32.630Z	south of Java, Indonesia	0.0140	0.0008	0.0045	0.0006
340	2004-01-01T20:59:31.910Z	Bali region, Indonesia	0.0133	0.0008	0.0044	0.0006
341	2004-01-25T09:45:55.350Z	Java, Indonesia	0.0189	0.0021	0.0094	0.0063
342	2004-04-16T18:32:24.010Z	Bali region, Indonesia	0.0135	0.0010	0.0052	0.0012
343	2004-05-05T02:20:47.340Z	south of Bali, Indonesia	0.0146	0.0010	0.0054	0.0012
344	2004-07-17T01:20:33.390Z	Java, Indonesia	0.0409	0.0059	0.0221	0.0116
345	2004-08-19T06:33:31.360Z	Java, Indonesia	0.0083	0.0005	0.0030	0.0005
346	2004-09-15T08:35:10.840Z	Bali region, Indonesia	0.0099	0.0006	0.0035	0.0006
347	2004-10-14T04:09:04.420Z	south of Bali, Indonesia	0.0087	0.0006	0.0033	0.0007
348	2005-03-07T13:15:103.570Z	Java, Indonesia	0.0229	0.0022	0.0099	0.0045
349	2005-03-14T15:37:01.030Z	Java, Indonesia	0.0130	0.0012	0.0062	0.0031
350	2005-04-25T08:08:05.050Z	south of Bali, Indonesia	0.0088	0.0004	0.0027	0.0002
351	2005-06-11T13:18:51.180Z	Java, Indonesia	0.0167	0.0015	0.0073	0.0023
352	2006-05-20T06:15:43.400Z	south of Java, Indonesia	0.0129	0.0008	0.0045	0.0008
353	2006-05-26T22:53:58.920Z	Java, Indonesia	0.0272	0.0020	0.0095	0.0019
354	2006-09-21T18:54:50.050Z	south of Java, Indonesia	0.0168	0.0010	0.0056	0.0008
355	2006-12-29T06:26:49.040Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0035	0.0004
356	2006-12-31T13:12:49.520Z	Java, Indonesia	0.0199	0.0018	0.0084	0.0040
357	2007-01-19T02:44:23.420Z	south of Java, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0030	0.0002
358	2007-10-04T14:28:35.690Z	Lombok region, Indonesia	0.0093	0.0004	0.0028	0.0002
359	2007-12-07T10:45:53.720Z	south of Java, Indonesia	0.0100	0.0006	0.0037	0.0006
360	2007-12-17T00:09:37.220Z	south of Java, Indonesia	0.0109	0.0009	0.0048	0.0014
361	2007-12-17T12:46:14.650Z	south of Java, Indonesia	0.0078	0.0004	0.0026	0.0003
362	2008-02-03T10:55:33.480Z	Java, Indonesia	0.0211	0.0019	0.0088	0.0025
363	2008-03-31T13:51:21.140Z	south of Java, Indonesia	0.0185	0.0015	0.0073	0.0018
364	2008-06-12T05:19:57.410Z	south of Java, Indonesia	0.0187	0.0015	0.0072	0.0018
365	2008-07-20T06:11:08.200Z	Java, Indonesia	0.0133	0.0011	0.0055	0.0016
366	2009-01-20T12:34:34.050Z	south of Bali, Indonesia	0.0092	0.0004	0.0028	0.0002
367	2009-09-07T16:12:22.560Z	south of Java, Indonesia	0.0159	0.0008	0.0047	0.0005
368	2009-09-18T23:06:57.720Z	south of Bali, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0037	0.0005
369	2010-02-10T06:33:44.260Z	south of Java, Indonesia	0.0140	0.0009	0.0051	0.0010
370	2010-02-11T18:43:09.710Z	south of Java, Indonesia	0.0145	0.0009	0.0050	0.0008
371	2010-06-06T16:57:26.980Z	Java, Indonesia	0.0251	0.0025	0.0112	0.0046
372	2010-06-18T14:42:53.310Z	Java, Indonesia	0.0185	0.0015	0.0075	0.0022
373	2010-08-16T22:19:17.250Z	Java, Indonesia	0.0252	0.0027	0.0116	0.0047
374	2010-10-01T01:24:26.100Z	south of Java, Indonesia	0.0072	0.0004	0.0024	0.0002
375	2010-11-09T07:03:30.360Z	Java, Indonesia	0.0100	0.0006	0.0036	0.0006
376	2010-12-21T03:59:38.350Z	Java, Indonesia	0.0169	0.0013	0.0067	0.0017
377	2011-02-08T15:27:00.080Z	south of Java, Indonesia	0.0086	0.0005	0.0032	0.0005
378	2011-05-17T00:14:57.650Z	south of Java, Indonesia	0.0198	0.0017	0.0080	0.0021
379	2011-05-18T05:01:39.470Z	south of Java, Indonesia	0.0187	0.0015	0.0074	0.0019
380	2011-10-13T03:16:30.160Z	south of Bali, Indonesia	0.0193	0.0013	0.0065	0.0011
381	2011-11-04T14:59:53.640Z	Bali region, Indonesia	0.0107	0.0006	0.0035	0.0005
382	2011-11-24T03:55:36.540Z	Java, Indonesia	0.0120	0.0007	0.0040	0.0006
383	2012-08-09T11:04:24.900Z	Lombok region, Indonesia	0.0107	0.0005	0.0032	0.0003
384	2012-09-03T18:23:05.230Z	south of Java, Indonesia	0.0145	0.0008	0.0043	0.0004
385	2012-09-04T04:27:13.020Z	south of Java, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0030	0.0003
386	2012-09-04T12:07:26.630Z	south of Java, Indonesia	0.0109	0.0006	0.0034	0.0003
387	2012-09-04T13:31:04.180Z	south of Java, Indonesia	0.0111	0.0006	0.0035	0.0004
388	2012-09-07T17:41:02.010Z	south of Java, Indonesia	0.0122	0.0006	0.0038	0.0004
389	2012-09-11T14:21:36.290Z	south of Java, Indonesia	0.0116	0.0006	0.0036	0.0004
390	2012-09-13T01:40:30.040Z	south of Java, Indonesia	0.0099	0.0005	0.0031	0.0003
391	2012-09-13T23:40:02.950Z	south of Java, Indonesia	0.0122	0.0006	0.0037	0.0004
392	2012-09-15T16:32:21.510Z	south of Java, Indonesia	0.0105	0.0006	0.0033	0.0003
393	2012-09-15T17:35:40.980Z	south of Java, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0036	0.0004
394	2012-11-22T09:09:32.310Z	Bali region, Indonesia	0.0126	0.0008	0.0044	0.0007
395	2013-06-22T05:42:39.820Z	11km NNW of Pemenang, Indonesia	0.0112	0.0006	0.0037	0.0004
396	2013-07-08T02:13:40.600Z	46km SSE of Pujiharjo, Indonesia	0.0236	0.0023	0.0102	0.0034
397	2013-08-08T10:45:58.200Z	60km SW of Sukorejo, Indonesia	0.0195	0.0015	0.0075	0.0017
398	2013-08-22T18:58:36.720Z	207km SSW of Kangin, Indonesia	0.0105	0.0006	0.0033	0.0003
399	2013-09-23T15:12:55.000Z	113km SSW of Kute, Indonesia	0.0097	0.0005	0.0029	0.0002
400	2014-01-25T05:14:18.510Z	38km SSE of Adipala, Indonesia	0.0152	0.0008	0.0046	0.0005
401	2014-01-25T05:25:16.000Z	41km S of Kroya, Indonesia	0.0115	0.0006	0.0037	0.0004
402	2014-01-27T16:14:00.800Z	45km S of Kroya, Indonesia	0.0103	0.0006	0.0033	0.0004
403	2014-03-09T13:42:18.990Z	62km SSE of Pujiharjo, Indonesia	0.0238	0.0021	0.0098	0.0032
404	2014-03-20T21:33:00.060Z	118km S of Sidorukan, Indonesia	0.0128	0.0008	0.0045	0.0008
405	2014-04-18T13:33:36.010Z	122km S of Bambanglipuro, Indonesia	0.0144	0.0009	0.0049	0.0007
406	2014-04-18T15:07:10.590Z	127km S of Wonosari, Indonesia	0.0125	0.0008	0.0043	0.0007
407	2014-07-14T05:05:03.200Z	63km SSW of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0152	0.0012	0.0061	0.0015
408	2014-07-24T08:41:07.550Z	92km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0166	0.0013	0.0065	0.0015
409	2014-10-26T08:56:41.720Z	203km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0122	0.0007	0.0042	0.0006
410	2015-03-15T21:19:13.920Z	143km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0149	0.0011	0.0055	0.0012
411	2015-05-01T02:46:22.140Z	116km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0163	0.0012	0.0063	0.0015
412	2015-07-24T21:44:38.920Z	61km SSW of Karangbadar Kidul, Indonesia	0.0084	0.0004	0.0027	0.0002
413	2015-07-26T07:05:10.130Z	94km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0223	0.0018	0.0086	0.0022
414	2015-08-06T05:05:49.930Z	104km SSW of Kute, Indonesia	0.0104	0.0005	0.0031	0.0003
415	2015-11-07T20:57:51.820Z	210km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0066	0.0004	0.0024	0.0003
416	2015-11-11T11:45:23.890Z	109km S of Bambanglipuro, Indonesia	0.0107	0.0007	0.0038	0.0006
417	2016-02-25T23:35:19.300Z	50km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0196	0.0016	0.0079	0.0022
418	2016-03-02T06:09:12.940Z	30km SSW of Krajan Sidodadi, Indonesia	0.0251	0.0025	0.0112	0.0044
419	2016-09-10T02:49:54.250Z	174km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0143	0.0009	0.0050	0.0008
420	2016-11-11T00:26:46.780Z	58km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0179	0.0015	0.0072	0.0019
421	2016-11-16T15:10:11.020Z	74km S of Kepanjan, Indonesia	0.0200	0.0017	0.0081	0.0025
422	2017-01-02T21:02:25.190Z	110km SSE of Sindangarsi, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0028	0.0002

423	2017-02-07T17:21:47.160Z	20km S of Krajan Dua, Indonesia	0.0240	0.0023	0.0102	0.0057
424	2017-03-21T23:10:25.150Z	1km SE of Banjar Mulung, Indonesia	0.0122	0.0008	0.0043	0.0008
425	2017-04-29T10:02:12.550Z	153km SSW of Tambakrejo, Indonesia	0.0129	0.0009	0.0048	0.0009
426	2017-05-24T16:44:53.570Z	74km SSW of Tambakrejo, Indonesia	0.0234	0.0020	0.0093	0.0026
427	2017-08-03T16:14:23.470Z	50km S of Karangbadar Kidul, Indonesia	0.0057	0.0003	0.0020	0.0002
428	2017-08-27T00:02:22.440Z	228km S of Ngulung Wetan, Indonesia	0.0074	0.0004	0.0026	0.0003
429	2017-10-25T16:35:36.480Z	138km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0152	0.0011	0.0058	0.0012
430	2018-07-19T12:23:35.660Z	128km S of Krajan Tambakrejo, Indonesia	0.0131	0.0010	0.0052	0.0012
431	2018-07-28T22:47:38.740Z	5km WNW of Obelobel, Indonesia	0.0178	0.0009	0.0050	0.0004
432	2018-07-28T23:06:48.820Z	4km ENE of Anyar, Indonesia	0.0080	0.0004	0.0026	0.0003
433	2018-07-29T01:50:32.220Z	5km WNW of Lelongken, Indonesia	0.0074	0.0004	0.0024	0.0002
434	2018-08-05T11:46:38.630Z	0km SW of Loloan, Indonesia	0.0271	0.0014	0.0072	0.0006
435	2018-08-05T12:03:24.190Z	9km WNW of Karangsubagan, Indonesia	0.0113	0.0006	0.0037	0.0004
436	2018-08-05T12:49:55.250Z	0km NW of Prawira, Indonesia	0.0135	0.0007	0.0042	0.0005
437	2018-08-05T16:49:41.600Z	2km SW of Lokokrang, Indonesia	0.0103	0.0006	0.0033	0.0004
438	2018-08-06T00:28:18.020Z	5km SSE of Santong, Indonesia	0.0076	0.0004	0.0026	0.0003
439	2018-08-06T15:50:55.570Z	9km W of Karangsubagan, Indonesia	0.0070	0.0004	0.0025	0.0003
440	2018-08-06T18:21:19.200Z	3km SE of Akarakar, Indonesia	0.0076	0.0004	0.0025	0.0003
441	2018-08-09T05:25:32.380Z	6km SSW of Lokokrang, Indonesia	0.0127	0.0007	0.0040	0.0004
442	2018-08-19T04:06:13.080Z	4km ESE of Sembalunbungung, Indonesia	0.0114	0.0006	0.0034	0.0003
443	2018-08-19T04:10:22.640Z	4km SW of Belanting, Indonesia	0.0159	0.0008	0.0045	0.0004
444	2018-08-19T14:56:27.490Z	1km S of Belanting, Indonesia	0.0257	0.0013	0.0067	0.0005
445	2018-08-19T15:04:02.940Z	4km WNW of Belanting, Indonesia	0.0128	0.0006	0.0038	0.0003
446	2018-08-19T15:16:35.240Z	2km ENE of Sembalunlawang, Indonesia	0.0145	0.0007	0.0042	0.0004
447	2018-08-19T15:28:58.880Z	1km ESE of Sembalunbungung, Indonesia	0.0121	0.0006	0.0036	0.0003
448	2018-08-19T16:21:07.460Z	15km ESE of Sambelia, Indonesia	0.0087	0.0004	0.0026	0.0002
449	2018-08-19T16:37:37.710Z	17km E of Sambelia, Indonesia	0.0101	0.0005	0.0030	0.0002
450	2018-08-19T21:50:10.120Z	2km SE of Belanting, Indonesia	0.0096	0.0005	0.0029	0.0003
451	2018-08-20T01:30:31.470Z	7km E of Belanting, Indonesia	0.0100	0.0005	0.0030	0.0003
452	2018-08-22T22:48:42.610Z	43km SW of Kangin, Indonesia	0.0138	0.0009	0.0049	0.0009
453	2018-08-28T18:36:32.910Z	119km S of Bambanglipuro, Indonesia	0.0083	0.0005	0.0030	0.0005
454	2018-09-02T00:15:46.250Z	10km N of Karanggedang, Indonesia	0.0076	0.0004	0.0025	0.0003
455	2018-09-07T17:14:38.080Z	5km W of Sambelia, Indonesia	0.0091	0.0005	0.0028	0.0002
456	2018-09-10T03:50:15.560Z	16km NNE of Obelobel, Indonesia	0.0094	0.0005	0.0030	0.0003
457	2018-09-10T20:22:24.280Z	9km NNW of Obelobel, Indonesia	0.0058	0.0003	0.0020	0.0002
458	2018-10-07T17:57:21.280Z	15km E of Sambelia, Indonesia	0.0057	0.0003	0.0019	0.0002
459	2018-10-10T18:44:55.280Z	40km NNE of Cunggapimbo, Indonesia	0.0306	0.0030	0.0128	0.0038
460	2018-11-14T17:23:31.720Z	38km SE of Bualu, Indonesia	0.0113	0.0007	0.0038	0.0005
461	2018-11-29T20:42:05.420Z	98km SSW of Srandakan, Indonesia	0.0110	0.0006	0.0037	0.0005
462	2018-12-06T01:02:46.320Z	10km W of Karangsubagan, Indonesia	0.0097	0.0005	0.0033	0.0004

Rekapitulasi Percepatan saat T 2500 dan t 50 tahun

No	Jenis Atemansi	Nilai (g)
1	Matuska	0.146499056
2	Esteva	0.012159269
3	Donovan II	0.027860138
4	Joyner-boore	0.002980479

1. Menghitung Jarak Epicenter (E)

Titik Pusat Sumberan:	Latitude	Longitude
Darat	-7.15	112.75
Rautan	0.12470402	106.7858752
Jari-jari Bumi:	6711	km

2. Menghitung Jarak Epicenter (H)

$$R = \sqrt{D^2 + H^2}$$

$$a = 119 \cdot e^{0.03M} \cdot (H + 25)^{-1.5} \quad \text{cm} \cdot \text{m} \cdot \text{d}^2$$

$$d_{max} = c \cdot \sqrt{2} \cdot \ln(2) \cdot M \cdot 10^4$$

$$\text{Log } a = 1.562 + 0.3006 \cdot \text{Log} (f \cdot T)^{0.5} + 0.169 \quad \text{g}$$

$$\text{Log } a = c$$

$$a = 10^c$$

$$c = \text{cm} \cdot \text{m} \cdot \text{d}^2$$

$$c = 0.001091716 \quad \text{g}$$

3. Perceptaan Gerak Tanah

No	Time	Tempat	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	E	H	M	D	H	Mw	a	g
1	1921-09-11T04:01:44.00Z	south of Java, Indonesia	-10.08	110.623	-1.075939189	103.0754578	423.878602	15	423.9441	7.6	50.001411	0.0599411		
2	1926-09-10T10:34:27.00Z	south of Java, Indonesia	-9.156	110.617	-1.058023466	103.9360809	342.196715	35	345.9218	7.4	41.8021278	0.0426263		
3	1934-04-01T00:23:02.00Z	Bali Sea	-6.959	115.586	0.121447463	101.7512629	331.4055844	20	332.0085	6.4	24.6237994	0.0251080		
4	1937-09-27T08:35:19.00Z	Java, Indonesia	-8.728	110.022	-0.15232537	102.9292796	318.8890855	35	324.4008	6.8	35.014581	0.0357049		
5	1943-07-25T23:11:00.00Z	Java, Indonesia	-8.501	109.803	-0.40941226	1.910423879	282.416798	60	287.1216	7.0	34.04083	0.0430495		
6	1950-06-19T12:37:05.00Z	Java, Indonesia	-6.985	112.054	-0.11931248	1.05751124	83.7466084	45	84.29023	6.6	10.649035	0.103532		
7	1953-08-17T03:14:41.00Z	Bali Sea	-6.953	115.218	-0.12357473	1.04933548	288.671487	35	290.7857	6.0	20.5072638	0.020912		
8	1955-28-11T23:04:00.00Z	south of Java, Indonesia	-10.158	110.856	-0.17298045	1.05243163	1.07632273	25	107.9213	6.1	19.5680701	0.0198359		
9	1957-08-25T22:31:59.00Z	Java, Indonesia	-7.266	111.2014	-1.02810523	1.049777121	83.1102614	65	137.8048	5.7	34.4560793	0.053154		
10	1957-10-17T21:57:09.00Z	Java, Indonesia	-8.317	110.178	-0.145159034	1.922686863	329.2957623	50	330.0701	6.0	17.2481663	0.018981		
11	1958-10-30T01:13:59.00Z	Java, Indonesia	-9.086	112.993	-0.18888616	1.96127696	231.1959714	55	237.648	6.0	25.3475289	0.025847		
12	1958-11-22T00:04:35.00Z	south of Java, Indonesia	-10.623	112.566	-0.112566	1.054851126	2.054851126	40	266.09316	6.1	25.015921	0.0255857		
13	1959-11-07T09:40:09.00Z	south of Java, Indonesia	-10.768	110.684	-0.18797054	1.93180229	487.9694808	15	488.2	6.0	11.7323406	0.0119637		
14	1962-12-21T00:44:20.00Z	south of Java, Indonesia	-9.169	112.33	-0.160092029	1.966028349	242.1621123	55	248.3314	6.2	26.469476	0.0290308		
15	1962-12-21T09:49:09.00Z	south of Java, Indonesia	-9.201	112.396	-0.16411841	1.97208554	235.5084884	40	236.09316	6.1	25.015921	0.0255857		
16	1963-05-09T08:38:29.00Z	south of Java, Indonesia	-9.171	112.548	-0.160064146	1.963331617	238.5835355	35	231.1359	5.7	19.580676	0.0196641		
17	1963-05-08T12:30:12.00Z	Bali region, Indonesia	-8.112	115.582	-0.145181109	2.017286456	48.5759271	25	349.4713	5.7	12.202626	0.0134813		
18	1963-08-22T21:53:04.00Z	Bali region, Indonesia	-8.202	115.73	-0.14315395	2.018696543	58.2966586	35	309.564	5.5	14.622073	0.0141043		
19	1963-07-20T07:35:23.00Z	south of Java, Indonesia	-11.129	111.97	-0.194236192	1.95424163	476.1159027	15	476.352	5.8	10.240381	0.00614		
20	1963-08-07T01:08:43.00Z	south of Bali, Indonesia	-9.048	114.329	-0.19566272	1.948772481	298.007759	65	305.014	5.5	13.002173	0.013558		
21	1964-02-29T23:49:47.00Z	Java, Indonesia	-8.448	112.632	-0.144744543	1.965792943	133.1038192	125.4	197.9039	5.8	26.033066	0.026444		
22	1965-11-21T21:31:06.00Z	Java, Indonesia	-8.666	111.103	-0.11328233	1.93983189	367.169092	55	367.3378	5.8	19.0687	0.0194325		
23	1966-03-02T16:39:45.00Z	south of Java, Indonesia	-8.495	114.967	-0.1482672	2.00555581	202.556190	120	202.581	6.0	13.85665	0.0134696		
24	1967-02-14T22:14:36.00Z	Java, Indonesia	-8.865	113.017	-0.156846767	1.972581761	215.4725105	80	229.8443	6.3	33.466204	0.031203		
25	1967-11-20T02:54:05.00Z	Java, Indonesia	-8.046	112.981	-0.14024192	1.971890442	108.6429922	145	181.1858	5.7	26.2594504	0.0267772		
26	1970-12-21T12:01:49.00Z	Lombok region, Indonesia	-16.303	119.789	-0.978706009	1.997933252	481.3127085	75.1	491.328	6.3	47.83322	0.045518		
27	1970-12-31T01:49:56.00Z	Lombok region, Indonesia	-9.303	116.46	-0.16062265	2.032610447	494.230761	60.9	499.237	6.2	8.2804873	0.008447		
28	1971-07-07T08:10:55.00Z	Java, Indonesia	-8.39	111.361	-0.164431124	1.942611108	217.6232117	70.9	225.9831	5.6	13.13864	0.0109677		
29	1972-05-06T09:29:38.00Z	Java, Indonesia	-10.167	115.865	-0.13621265	1.95619953	429.28435	25	429.28435	5.7	9.7462317	0.006311		
30	1972-11-01T21:35:56.00Z	Java, Indonesia	-8.234	112.212	-0.14370141	1.95846868	141.915880	70	158.2404	6.0	14.247959	0.03104		
31	1973-03-12T05:57:02.00Z	south of Java, Indonesia	-9.408	111.142	-0.164200376	1.937979387	324.590066	38	326.7623	5.8	15.21161	0.0151938		
32	1973-04-09T21:23:23.00Z	Bali region, Indonesia	-8.745	115.36	-0.152629043	2.011841745	356.2062326	92	368.4901	6.0	16.262991	0.0165221		
33	1974-03-23T14:45:05.00Z	Java, Indonesia	-8.243	114.815	-0.14543108	1.943290282	199.122588	92	199.122588	6.2	9.2969691	0.01135		
34	1974-05-00T05:51:33.00Z	south of Java, Indonesia	-10.518	113.803	-0.18577371	1.941227803	441.112833	33	445.4252	5.6	20.026093	0.015072		
35	1974-05-18T21:18:07.00Z	south of Bali, Indonesia	-10.741	114.041	-0.187465815	1.930039362	447.6685342	33	448.8382	5.8	11.073314	0.011791		
36	1974-05-19T09:14:25.30Z	Java, Indonesia	-10.879	114.022	-0.189874399	1.930085667	462.5960167	26	462.9992	5.9	11.297381	0.0117501		
37	1974-05-20T28:26:13.00Z	south of Java, Indonesia	-10.103	114.871	-0.186887745	1.939169202	453.8159747	40	454.2801	5.9	10.936667	0.0105355		
38	1974-05-21T07:51:11.00Z	Java, Indonesia	-8.612	111.267	-0.15030775	1.941975495	243.4734503	88	258.8886	5.8	19.066865	0.0205844		
39	1974-05-31T06:25:23.70Z	south of Bali, Indonesia	-10.714	114.098	-0.180895756	1.93183877	446.9541260	53	450.0855	5.6	9.5011077	0.0098884		
40	1974-11-03T23:48:16.00Z	Java, Indonesia	-10.103	112.637	-0.15743818	1.942851677	332.41457	20	332.41457	5.9	22.24636	0.025627		
41	1974-11-08T02:26:33.30Z	Java, Indonesia	-8.194	110.448	-0.143012279	1.927881252	294.396668	106	313.2211	5.6	14.043589	0.0143205		
42	1975-01-18T20:29:53.00Z	Java, Indonesia	-7.983	112.298	-0.132936364	1.959969843	111.178822	141	179.5219	5.8	38.790421	0.039552		
43	1975-01-19T13:39:54.00Z	Java, Indonesia	-9.694	113.948	-0.167621421	1.960876726	220.4499159	99	321.2901	5.9	16.168751	0.0164875		
44	1975-02-01T25:57:30.00Z	south of Bali, Indonesia	-10.811	115.971	-0.157546769	1.962958877	332.814857	44	344.8081	6.0	13.108514	0.0117418		
45	1975-08-18T15:57:24.70Z	south of Java, Indonesia	-10.6	112.635	-0.185004901	1.965831603	305.118934	43	407.7926	5.7	11.0988498	0.011378		
46	1975-10-29T19:31:46.10Z	south of Java, Indonesia	-9.357	110.827	-0.16310458	1.92439065	342.3453047	70	349.4284	6.1	18.202955	0.0185618		
47	1975-11-06T01:34:27.00Z	Bali region, Indonesia	-8.113	114.892	-0.14892618	1.945199923	178	272.113	5.7	11.08514	0.0117418			
48	1975-12-29T15:34:00.00Z	Bali Sea	-7.978	115.07	-0.13942368	2.00835307	287.1519675	196	347.6669	6.2	20.723389	0.0211299		
49	1976-01-18T04:36:31.00Z	south of Java, Indonesia	-10.302	109.942	-0.17980882	1.941894986	493.578777	33	494.4598	5.7	8.997483	0.0091748		
50	1976-02-14T20:31:38.20Z	Java, Indonesia	-8.062	110.607	-0.1410571	1.89549741	494.6917912	53	497.511	6.2	14.048397	0.0142524		
51	1976-04-01T13:01:40.00Z	Java, Indonesia	-8.117	114.808	-0.1430214	1.942907184	324.331984	40	324.331984	5.7	14.699242	0.0116259		
52	1976-07-14T10:23:45.80Z	Java, Indonesia	-8.127	114.862	-0.141482008	2.004720085	271.7550515	33	273.746	6.2	26.7884243	0.027386		
53	1977-01-01T17:35:54.30Z	Bali region, Indonesia	-7.885	109.014	-0.137619212	1.906235314	443.6907724	113	457.722	6.1	13.589726	0.013877		
54	1977-01-30T13:15:29.80Z	Bali region, Indonesia	-8.219	115.193	-0.14434861	2.01491725	130.90866	33	312.6585	5.8	15.244984	0.0155832		
55	1977-01-30T14:25:30.00Z	south of Java, Indonesia	-10.237	111.243	-0.160695494	1.941895947	298.9381334	79	298.9381334	5.7	15.47316	0.0175156		
56	1977-04-08T11:23:20.20Z	south of Java, Indonesia	-9.362	111.687	-0.163097725	1.949305882	287.7486335	61	294.1433	5.6	15.012695	0.0150303		
57	1977-04-09T21:20:16.90Z	south of Java, Indonesia	-9.238	111.683	-0.161059893	1.942926697	329.6501627	67	381.9134	5.7	16.479174	0.0180441		
58	1977-04-09T21:28:36.00Z	south of Java, Indonesia	-9.202	112.123	-0.159138052	1.945226391	372.437073	45	372.437073	5.8	23.57348	0.026877		
59	1977-06-23T07:39:43.00													

107	1984-02-22T11:30:33.70Z	south of Bali, Indonesia	8.903	115.056	0.17289956	2.00860260	1454992626	33	421.2466	5.3	7.81517700	0007999
108	1984-02-20T00:20:31.90Z	south of Java, Indonesia	-9.814	112.777	0.17128663	1.96832991	132.917741	50.6	317.0474	5.8	15.2957671	0051969
109	1984-04-27T23:40:44.70Z	south of Bali, Indonesia	10.461	110.597	0.17828979	1.93261793	462.348796	33	463.5111	5.7	9.65661831	0009646
110	1984-04-27T18:21:43.70Z	Java, Indonesia	-9.281	111.768	0.40955724	1.93641138	234.017043	85.6	347.3124	4.8	16.0227125	0010248
111	1984-06-08T18:48:31.90Z	south of Bali, Indonesia	-9.787	114.215	0.17087874	1.994747805	383.471523	33	355.0088	6.6	12.2877961	0012340
112	1984-06-11T14:14:31.20Z	south of Bali, Indonesia	-9.262	114.085	0.16465395	1.99118877	296.625134	79.2	303.1926	5.8	16.0390906	0016362
113	1984-07-17T17:47:32.20Z	Bali Sea	8.114	114.745	0.40955724	1.93641138	234.017043	85.6	347.3124	4.8	16.0227125	0010248
114	1984-08-07T22:11:16.80Z	Bali Sea	-8.785	114.759	0.17087874	1.994747805	383.471523	33	355.0088	6.6	12.2877961	0012340
115	1984-08-10T19:09:30.80Z	south of Java, Indonesia	-11.045	113.745	0.16227166	1.98222758	471.903859	33	473.0563	5.8	10.4573359	0010667
116	1984-09-18T23:49:37.00Z	south of Java, Indonesia	-10.35	113.865	0.18061578	1.98731513	597.920974	51.7	400.9394	5.7	11.345651	0011274
117	1984-09-29T14:00:21.90Z	south of Java, Indonesia	-10.115	113.717	0.17480279	1.97894331	67.048192	71.1	387.0428	6.7	10.9901753	0011563
118	1985-02-27T04:30:10.20Z	south of Bali, Indonesia	-10.563	114.969	0.14891290	2.00687588	476.366606	33	477.6779	5.8	10.3470435	0010551
119	1985-02-18T08:43:36.00Z	Bali region, Indonesia	8.536	115.752	0.14928035	2.02023516	385.480099	33	386.851	5.8	13.3577928	0012993
120	1985-03-19T02:47:48.70Z	south of Java, Indonesia	-10.092	111.968	0.17418628	1.95459323	356.770587	33	358.295	5.7	12.1617924	0010248
121	1985-04-17T01:06:50.10Z	south of Java, Indonesia	-9.245	114.185	0.16135689	1.99290206	297.314394	98.9	313.5578	5.9	16.4682954	0017829
122	1985-04-27T22:10:38.70Z	Java, Indonesia	-8.746	113.33	0.12624666	1.94127146	249.637329	33	251.8388	5.9	11.681514	0021019
123	1985-04-28T18:39:40.70Z	south of Java, Indonesia	-9.1	112.013	0.18249862	1.95499565	244.590713	33	246.8067	5.6	16.005784	0018436
124	1985-06-19T08:38:42.80Z	south of Java, Indonesia	-11.132	114.642	0.16542307	1.98052081	486.29621031	98.8	348.2726	5.7	13.655021	0015387
125	1985-07-09T13:26:57.90Z	Java, Indonesia	-8.503	113.306	0.14805436	1.92520885	325.83322	58.9	331.1143	5.7	14.0073306	0014583
126	1985-07-12T22:30:17.00Z	south of Java, Indonesia	-9.238	112.922	0.16374679	1.97806698	362.9724016	81.3	275.2520	5.6	16.104354	0016221
127	1985-07-18T03:47:48.70Z	south of Java, Indonesia	-9.573	110.646	0.16909707	1.97812974	291.167356	87.3	311.3578	6.7	9.9627716	0015430
128	1985-07-20T09:38:46.00Z	south of Java, Indonesia	-9.59	110.697	0.16777075	1.93688813	454.583449	79.2	354.2451	6.7	16.0831265	0015387
129	1985-09-07T18:53:03.00Z	south of Bali, Indonesia	-9.085	114.973	0.17045561	1.99145583	346.912739	33	348.8731	5.8	13.8339086	0014965
130	1985-09-11T08:37:35.40Z	Java, Indonesia	11.141	112.218	0.19441132	1.98857358	472.8962406	33	473.0632	5.7	10.4592987	0009677
131	1985-09-11T08:57:44.90Z	Java, Indonesia	8.018	112.029	0.19948499	1.89975904	465.8860287	96.2	475.3764	5.7	16.9012753	0009735
132	1985-11-20T02:49:48.90Z	south of Java, Indonesia	-10.449	111.817	0.18236954	1.95157841	402.078343	33	403.5877	5.7	11.2149179	0011403
133	1986-01-09T18:43:56.00Z	Java, Indonesia	-8.217	111.693	0.14341703	1.94941601	175.657599	117	211.0559	5.3	16.5656701	0016762
134	1986-05-19T13:38:40.20Z	Java, Indonesia	-9.969	112.019	0.12163196	1.95310375	87.8798846	33	93.8236	5.7	40.0714287	0010589
135	1986-05-29T03:43:14.10Z	Lombok region, Indonesia	8.724	114.882	0.13683264	1.94256451	453.5601189	33	453.5601	5.7	12.9681267	0011018
136	1986-08-30T18:35:15.40Z	south of Java, Indonesia	-9.504	113.002	0.16587692	1.97259661	738.090285	60.1	284.5108	5.8	17.1582855	0017496
137	1987-04-01T13:28:15.20Z	Lombok region, Indonesia	8.333	116.675	0.14587352	0.13623695	48.2736017	10	47.84312	6.7	18.8903971	0009656
138	1987-04-29T09:03:15.20Z	Bali Sea	-7.757	114.745	0.40955724	1.93641138	234.017043	85.6	347.3124	4.8	16.0227125	0010248
139	1987-06-08T11:44:22.00Z	south of Java, Indonesia	-10.116	113.603	0.17655750	1.98274839	437.341119	59.9	367.1671	5.8	10.0699434	0013732
140	1987-11-07T02:17:54.00Z	Java Sea	-5.642	113.254	0.09947416	1.9749062	140.672885	34	193.7348	5.7	13.4273324	0024072
141	1987-11-18T01:44:04.00Z	Java, Indonesia	-8.094	108.793	0.14129698	1.98979053	473.905143	65.2	478.4102	5.8	8.0005271	0008152
142	1987-12-19T22:58:23.00Z	south of Bali, Indonesia	-9.142	112.693	0.16249939	1.97498716	299.944671	46	263.1475	6.7	12.3631427	0012126
143	1988-02-27T10:44:02.10Z	south of Bali, Indonesia	-9.351	114.187	0.16203798	1.99599131	307.841538	70.1	315.7221	5.7	16.4131310	0014902
144	1988-04-04T16:12:25.30Z	south of Java, Indonesia	-9.364	112.874	0.16432363	1.97092794	260.4957307	60.9	267.5198	5.9	20.6519187	0012991
145	1988-04-11T19:08:29.80Z	south of Java, Indonesia	-9.324	112.737	0.16496729	1.97618608	385.2471068	60.1	385.2471	5.8	16.8137177	0014607
146	1988-07-14T23:18:08.00Z	Java, Indonesia	-8.487	112.596	0.14812694	1.965770925	158.807521	33	161.4951	5.8	16.3612523	0023998
147	1988-09-28T07:01:14.10Z	Java, Indonesia	-7.455	109.418	0.13011266	1.98910545	389.010545	150.6	471.984	5.8	11.866213	0012102
148	1988-11-27T05:27:26.10Z	Lombok region, Indonesia	-9.238	116.62	0.14504691	1.92493998	40.290307	33	402.5927	5.7	11.2853224	0011472
149	1989-01-11T20:41:59.80Z	south of Java, Indonesia	-8.117	112.629	0.16339384	1.97845131	200.03767	98.8	257.3827	5.7	13.342021	0009735
150	1989-01-20T19:55:57.00Z	south of Java, Indonesia	-9.017	110.503	0.15737639	1.92864183	341.1801321	33	347.2723	5.6	12.4277101	0012021
151	1989-01-29T19:58:15.40Z	south of Java, Indonesia	-9.011	110.521	0.15727619	1.92895543	339.1259145	48.3	342.5482	5.8	11.4872261	0011713
152	1989-01-07T06:45:29.10Z	south of Java, Indonesia	-9.112	113.201	0.15934041	1.97970167	266.380969	49.4	241.4995	5.3	14.2962515	0010754
153	1989-01-25T06:47:31.00Z	Java, Indonesia	-7.148	112.847	0.14480937	1.92895543	87.9236428	41.4	87.9236	4.7	15.4309344	0010674
154	1989-01-31T18:44:20.60Z	south of Java, Indonesia	-9.219	111.962	0.16029104	1.95410537	359.781618	33	261.846	5.6	16.565684	0016823
155	1989-01-31T19:35:40.60Z	south of Java, Indonesia	-9.306	112.05	0.16294304	1.95641427	366.054314	33	268.0733	5.6	16.161499	0014801
156	1989-12-01T08:38:26.80Z	Java, Indonesia	-8.114	111.818	0.15407766	1.96091788	431.9927238	98.8	431.9927	5.8	13.2274121	0015821
157	1990-01-14T07:08:53.10Z	Java, Indonesia	-8.208	108.818	0.14325625	1.89232358	474.3465267	48.8	482.5668	5.6	10.8048175	0008784
158	1990-01-14T10:04:11.00Z	south of Java, Indonesia	-10.797	113.653	0.18844119	1.98361905	441.065343	45.8	443.4372	5.7	10.1338737	0010332
159	1990-02-24T07:58:14.00Z	Java, Indonesia	-10.233	110.49	0.17899542	1.92921592	361.460844	45.8	463.5632	5.8	10.5514697	0010754
160	1990-02-29T03:56:39.00Z	Java, Indonesia	-8.669	116.539	0.14009047	1.93390129	74.8140723	33	74.81407	5.7	12.446869	0011018
161	1990-03-21T13:24:36.90Z	Java, Indonesia	-8.137	109.043	0.14027411	1.90159376	46.2809439	27.8	47.3637	5.6	9.5233398	0009502
162	1990-06-18T16:52:55.20Z	south of Java, Indonesia	-8.813	111.235	0.15381867	1.94416993	363.1187568	33	265.1801	5.7	16.7490811	0017929
163	1990-06-28T16:38:26.80Z	south of Java, Indonesia	-9.103	112.637	0.15972369	1.96133959	339.588078	33	339.58807	5.7	13.0996453	0014017
164	1990-08-27T13:13:39.00Z	south of Java, Indonesia	-9.106	110.764	0.16500847	1.93196493	383.181237	33	334.9478	5.8	15.1925138	0015191
165	1990-10-08T17:00:06.90Z	south of Java, Indonesia	-9.231	110.783	0.16111143	1.93325810	334.749939	92	347.1862	5.6	12.880110	0012601
166	1990-11-19T19:30:24.00Z	south of Bali, Indonesia	-10.047	114.607	0.17533253	1.92002496	402.9208768	60.3	409.0777	5.7	15.0379668	0008929
167	1990-11-24T08:31:49.00Z	Java, Indonesia	-8.089	114.902	0.14497689	1.94739661	47.7999762	34	47.7997	4.7	13.9997622	0011018
168	1991-02-19T05:26:49.00Z	Java, Indonesia	-8.676	110.587	0.15124766	1.93010276	308.983532	33	310.7553	5.6	14.162256	0014415
169	1991-02-22T10:17:01.00Z	south of Java, Indonesia	-10.165	113.683	0.17477218	1.98414254	730.976609	33	731.8659	5.8	12.891758	0013146
170	1991-03-01T04:46:37.90Z	south of Bali, Indonesia	-9.589	114.829	0.16578826	1.93031294	454.659909	33	423.8871	5.9	12.9648137	0013028
171	1991-06-02T16:50:11.40Z	Java, Indonesia	-8.577	111.409	0.15120046	1.94543586	237.1454428	48.8	235.0758	5.7	14.4593253	0018323
172	1991-07-04T06:54:16.00Z	Java, Indonesia	-8.439	111.021	0.14728836	1.93789189	55.1485959	114.2	276.5309	5.8	16.822783	0010891
173	1991-07-04T20:30:25.00Z	south of Java, Indonesia	-9.585	114.673	0.16728909	1.92014213	363.010356	31.7	366.9608	6.1	17.3446509	0017862
174	1991-08-01T07:15:49.90Z	Java, Indonesia	-8.348	114.609	0.17344927	1.94138884	394.019884	36.6	394.0198	6.1	16.92084	0011018
175	1991-11-28T13:47:37.10Z	Java, Indonesia	-8.851	113.771	0.15447902	1.98567854	352.643775	106.5	255.6979	5.7	18.261168	0018121
176	1992-01-14T07:58:39.70Z	Java, Indonesia	-7.138	109.067	0.14258162	1.90375358	429.314061	58.3	433.2455	5.1	6.4647892	0006739
177	1992-02-02T18:30:30.00Z	Lombok region, Indonesia	8.724	114.882	0.13683264	1.94256451	453.5601189	33	453.5601	5.7	12.9681267	0011018
178	1992-03-30T13:21:37.10Z	Bali region, Indonesia	-8.345	114.734	0.14567526	1.92048604	200.246328	17.2	270.8			

238	1994-06-001020-23-33-760Z	south of Java, Indonesia	10.932	112.491	0.1970999794	1.96338239	445.3167867	33	446.3734	5.6	9.98329020	0.0007723
239	1994-06-001045-51-1180Z	south of Java, Indonesia	10.639	112.535	0.1858055794	1.96102024	410.6397953	43.9	412.9797	5.8	9.4239798	0.0123625
240	1994-06-001075-32-840Z	south of Java, Indonesia	10.587	112.618	0.1847700880	1.96555881	406.4067751	20.5	404.5825	5.1	9.64408416	0.007081
241	1994-06-001200-20-2020Z	south of Java, Indonesia	11.081	113.084	0.1933999479	1.96331381	463.4280149	33	464.0135	5.8	10.12829491	0.0012625
242	1994-06-001265-18-580Z	south of Java, Indonesia	11.028	113.108	0.1944713688	1.96315808	455.6157349	48.3	457.3056	5.8	9.90112713	0.0162325
243	1994-06-001288-18-1120Z	south of Java, Indonesia	10.832	113.148	0.1890540655	1.97485142	405.810289	41.6	436.9664	5.7	9.29607416	0.0161499
244	1994-06-001311-41-1120Z	south of Java, Indonesia	10.623	112.561	0.1861044458	1.96456099	413.287956	35.1	414.7708	5.8	10.06671596	0.0123604
245	1994-06-001344-13-330Z	south of Java, Indonesia	11.026	112.696	0.1954668208	1.96328826	455.6560088	33.3	456.738	5.6	9.43478688	0.0060911
246	1994-06-001470-25-230Z	south of Java, Indonesia	11.072	112.672	0.1856596973	1.96613735	409.764075	37.1	411.2764	5.7	9.89129728	0.0094505
247	1994-06-001575-29-390Z	south of Java, Indonesia	11.183	113.26	0.19518017	1.98183722	484.063173	53.2	487.5118	5.8	9.60703971	0.0097964
248	1994-06-001722-00-0450Z	south of Java, Indonesia	11.069	113.122	0.191704095	1.97451356	460.4316013	33	463.5986	5.7	9.1244469	0.0110399
249	1994-06-001782-19-3780Z	south of Java, Indonesia	10.945	113.129	0.1845869935	1.96620575	405.661775	37.3	407.1265	5.6	9.66137576	0.0123604
250	1994-06-001974-36-4630Z	south of Java, Indonesia	10.143	113.623	0.179204468	1.97935456	365.957635	33	367.4207	6.2	18.341425	0.0189695
251	1994-06-001970-16-4980Z	south of Java, Indonesia	11.094	113.146	0.191626827	1.97470235	465.603943	33	466.719	5.6	9.1352764	0.0091133
252	1994-06-001970-16-4820Z	south of Java, Indonesia	11.199	112.221	0.195499423	1.95862594	407.07292	42.7	481.5043	5.6	8.6264196	0.0094905
253	1994-06-001971-16-630Z	south of Java, Indonesia	11.081	113.157	0.19149245	1.97491285	460.767544	33	460.127	5.6	9.0227724	0.0094905
254	1994-06-001971-17-52-200Z	south of Java, Indonesia	10.291	113.502	0.176618183	1.98989368	379.187627	33	380.6208	5.9	13.9773294	0.0142625
255	1994-06-001971-17-59-230Z	south of Java, Indonesia	10.624	112.677	0.184542738	1.96858441	408.368759	33	409.5386	5.7	10.0467278	0.0123604
256	1994-06-001973-18-0530Z	south of Java, Indonesia	11.023	113.119	0.193886119	1.96403175	458.118115	33	460.2303	5.8	9.80230378	0.0123604
257	1994-06-001974-17-19-330Z	south of Java, Indonesia	10.575	112.783	0.184568568	1.96843499	402.380703	33	403.7317	5.8	12.2423964	0.0126977
258	1994-06-001974-20-42-120Z	south of Java, Indonesia	10.837	112.99	0.18941311	1.97207522	434.957681	33	435.2885	5.7	10.3396641	0.0103483
259	1994-06-001978-03-23-60Z	south of Java, Indonesia	10.827	112.056	0.189866798	1.95746147	439.406778	33	444.638	5.6	9.7322306	0.0099416
260	1994-06-001978-03-5730Z	south of Java, Indonesia	11.015	112.019	0.187591949	1.96237698	407.430697	34.8	408.8664	5.8	9.0727551	0.0091133
261	1994-06-001978-09-31-230Z	south of Java, Indonesia	10.775	113.632	0.188905227	1.98253236	437.980646	27.5	438.8341	5.6	9.69994035	0.0097989
262	1994-06-001978-10-09-330Z	south of Java, Indonesia	10.285	113.491	0.179707114	1.98976121	378.292725	23.5	378.9827	5.6	11.147871	0.01392
263	1994-06-001978-10-09-60Z	south of Java, Indonesia	10.333	113.592	0.178595242	1.98630378	374.460126	33	375.529	5.6	10.558294	0.0095966
264	1994-06-001978-10-14-80Z	south of Java, Indonesia	10.802	112.984	0.189783366	1.97837306	429.355234	33	430.257	5.6	9.461586	0.0109681
265	1994-06-001978-10-17-52-40Z	south of Java, Indonesia	10.328	113.621	0.182057605	1.98360549	386.967218	25.5	387.6373	6.0	18.341015	0.015435
266	1994-06-001978-10-18-830Z	south of Java, Indonesia	10.457	113.389	0.180407876	1.97911386	405.985871	30.5	407.0502	5.7	11.208862	0.0110399
267	1994-06-001978-10-18-830Z	south of Java, Indonesia	10.526	113.389	0.180407876	1.97911386	405.985871	30.5	407.0502	5.7	11.208862	0.0110399
268	1994-06-001978-10-18-830Z	south of Java, Indonesia	10.526	113.43	0.187337357	1.97995363	404.880014	25.3	405.4701	5.7	11.678406	0.01138
269	1994-06-001978-10-18-830Z	south of Java, Indonesia	10.507	113.476	0.183178445	1.98029822	403.776097	27.4	404.2058	5.2	7.5372322	0.0078661
270	1994-06-001978-10-19-04-880Z	south of Java, Indonesia	10.487	113.512	0.180303579	1.98158141	400.878948	33	403.207	5.7	11.232088	0.0115665
271	1994-06-001978-10-19-04-880Z	south of Java, Indonesia	9.414	113.669	0.169478278	1.97228179	387.759121	33	389.126	5.8	11.292943	0.0094905
272	1994-06-001978-10-20-37-57-20Z	south of Java, Indonesia	10.335	113.66	0.180397738	1.98374128	388.790121	19.9	389.306	6.2	17.6966263	0.017942
273	1994-06-001978-10-20-37-57-20Z	south of Java, Indonesia	10.149	113.686	0.17133466	1.98419031	388.790121	28.8	389.6241	6.2	18.238155	0.015588
274	1994-06-001978-10-20-37-57-20Z	south of Java, Indonesia	10.149	113.686	0.17133466	1.98419031	388.790121	28.8	389.6241	6.2	18.238155	0.015588
275	1994-06-001978-10-20-37-57-20Z	south of Java, Indonesia	10.408	113.41	0.182326655	1.97991987	401.419095	25.3	402.1702	5.8	11.845666	0.0120792
276	1994-06-001978-10-21-53-80Z	south of Java, Indonesia	10.384	112.44	0.18123499	1.96824211	361.628436	31.2	382.8981	5.6	11.232088	0.0113453
277	1994-06-001978-10-21-53-80Z	south of Java, Indonesia	10.635	113.475	0.188755766	1.98281269	419.692472	33	420.978	5.6	10.3396641	0.0103483
278	1994-06-001978-10-21-53-80Z	south of Java, Indonesia	10.615	113.499	0.18718632	1.97918192	407.016938	34.8	409.8664	5.8	9.0727551	0.0091133
279	1994-06-001978-10-24-16-170Z	south of Java, Indonesia	9.472	112.757	0.163517887	1.96789085	372.783804	33	374.742	5.8	18.740496	0.019119
280	1994-06-001978-10-24-16-170Z	south of Java, Indonesia	10.346	113.479	0.180303579	1.98158141	400.878948	33	386.297	5.7	11.033444	0.0132984
281	1994-06-001978-10-24-16-170Z	south of Java, Indonesia	10.346	113.479	0.180303579	1.98158141	400.878948	33	386.297	5.7	11.033444	0.0132984
282	1994-06-001978-10-24-16-170Z	south of Java, Indonesia	10.346	113.479	0.180303579	1.98158141	400.878948	33	386.297	5.7	11.033444	0.0132984
283	1994-06-002019-11-54-300Z	south of Java, Indonesia	10.565	112.444	0.184190353	1.96900868	401.976327	33	402.7306	5.7	9.125013	0.011479
284	1994-06-002019-11-54-300Z	south of Java, Indonesia	10.77	113.311	0.187197196	1.97676029	430.232013	33	431.4868	5.6	9.9475814	0.0104137
285	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.024	113.689	0.192409597	1.98423173	467.809989	33	469.1217	5.7	9.5300569	0.0097179
286	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.024	113.689	0.192409597	1.98423173	467.809989	33	469.1217	5.7	9.5300569	0.0097179
287	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.024	113.689	0.192409597	1.98423173	467.809989	33	469.1217	5.7	9.5300569	0.0097179
288	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	7.96	109.137	0.139289238	1.94079986	334.840626	10.4	443.1421	5.1	6.9042531	0.0064145
289	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.08	112.497	0.193288141	1.96343409	462.203367	33	463.7958	5.7	9.4956498	0.0093898
290	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.7	112.403	0.164698799	1.96652055	385.703045	33	387.6204	5.7	10.562927	0.0110399
291	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.951	112.939	0.17834529	1.97157040	387.604027	33	389.4011	5.5	9.2528688	0.0104383
292	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.664	112.836	0.168866619	1.960395715	395.900682	23.3	396.2422	5.8	17.304380	0.0164565
293	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	10.654	113.269	0.189439719	1.97691699	416.027581	34.3	417.4374	5.4	8.5588441	0.0087227
294	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.028	113.689	0.192409597	1.98423173	467.809989	33	469.1217	5.7	9.5300569	0.0097179
295	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	10.263	113.59	0.170211341	1.98251491	387.491482	33	379.9273	6.1	16.653601	0.0160634
296	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.887	112.711	0.17071014	1.96718053	318.455535	23.2	318.8966	5.7	14.584031	0.0147433
297	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	11.026	113.689	0.192409597	1.98423173	467.809989	33	469.1217	5.7	9.5300569	0.0097179
298	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.168	113.849	0.16001786	1.95231335	299.19001	57.8	265.556	5.8	8.451651	0.018154
299	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	10.939	112.886	0.192869156	1.97023279	445.404076	33	446.6248	5.8	10.570955	0.0107794
300	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	10.699	113.444	0.186237737	1.97979137	431.453584	33	429.5919	5.6	10.089165	0.0102879
301	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	9.627	116.65	0.148890698	1.96237995	366.198186	33	387.1364	5.8	8.714281	0.0088383
302	1994-06-002103-31-18-570Z	south of Java, Indonesia	8.467	115.649	0.14777028	1.910458527	371.4851173	133.8	394.5642	5.6	10.960758	0.0117699
303	1995-02-22716-44-0770Z	Java, Indonesia	8.834	110.778	0.151482386	1.93544089	302.928573	95.9	317.4841	5.6	13.858366	0.014136
304	1995-02-22716-44-0770Z	Java, Indonesia	8.834	110.778	0.151482386	1.93544089	302.928573	95.9	317.4841	5.6	13.858366	0.014136
305	1995-02-22716-44-0770Z	Java, Indonesia	8.725	110.834	0.152277997	1.92770088	302.928573	95.9	317.4841	5.6	13.858366	0.014136
306	1995-02-22716-44-0770Z	Java, Indonesia	8.327	112.913	0.153335367	1.97003618	319.576225	142.6	193.541	5.6	24.948900	0.0228484
307	1995-02-22716-44-0770Z	Java, Indonesia	8.663	111.206	0.151546039	1.949918048	254.338073	54.6				

368	2009-09-18T23:06:57.700Z	south of Bali, Indonesia	-9.138	115.593	0.159488187	2.017478442	404.7749988	79	41.24122	5.7	11.0575457	0.0112756
369	2010-02-10T06:34:44.300Z	south of Java, Indonesia	9.26	112.025	0.16117489	1.975737802	138.856454	35	320.7177	5.6	13.691497	0.01394
370	2010-02-11T18:43:59.710Z	Java, Indonesia	9.6058	114.865	0.173574862	1.78984739	347.515856	51	24.8487	5.8	14.248487	0.01423
371	2010-02-10T04:57:26.900Z	Java, Indonesia	8.572	112.611	0.16049889	1.962504019	170.939489	87.6	19.811	5.7	10.094468	0.0259045
372	2010-06-18T14:44:53.310Z	Java, Indonesia	8.58	111.34	0.14974825	1.94324889	234.828385	37.9	246.1824	5.6	18.108391	0.018462
373	2010-08-16T22:19:17.520Z	Java, Indonesia	8.546	112.63	0.14918583	1.96401907	165.985813	73.6	181.5716	5.6	24.758872	0.023468
374	2010-10-01T01:24:28.180Z	south of Java, Indonesia	10.825	113.904	0.19967223	1.98079969	456.71713	15.4	459.973	5.3	9.872988	0.007323
375	2010-11-09T07:03:30.360Z	Java, Indonesia	-8.634	110.026	0.150991728	1.920315963	361.7502463	63	367.1951	5.4	9.431856	0.0100254
376	2010-12-21T03:59:38.580Z	Java, Indonesia	-8.57	117.197	0.181548465	1.94075758	256.530812	54.6	262.2767	5.6	16.537214	0.0168623
377	2011-02-05T12:47:40.080Z	south of Java, Indonesia	9.996	113.88	0.174482112	1.98758959	359.182790	50.3	362.6877	5.2	8.477409	0.0086041
378	2011-04-25T10:44:57.600Z	south of Java, Indonesia	9.203	115.885	0.160629651	1.964879808	241.044611	28	243.5951	5.7	23.127028	0.0197591
379	2011-08-18T05:10:39.470Z	south of Java, Indonesia	-9.292	112.561	0.163175994	1.964560509	252.937064	35	258.009	5.7	18.312864	0.0186739
380	2011-10-13T03:16:30.610Z	south of Bali, Indonesia	-9.35	114.587	0.161388285	1.99992343	335.287962	39	337.5265	6.1	18.973979	0.0193477
381	2011-11-04T14:59:35.630Z	Bali region, Indonesia	8.808	115.758	0.157278001	1.920258226	400.991439	98.1	412.3248	5.8	10.561527	0.018562
382	2011-11-24T03:55:56.540Z	south of Java, Indonesia	-8.644	109.888	0.150866261	1.9197408	734.425936	95	387.0517	5.7	17.524318	0.0119754
383	2012-08-09T14:04:24.900Z	Lombok region, Indonesia	8.718	116.363	0.152178404	2.03891747	458.458914	107.2	471.3117	5.8	10.499918	0.017068
384	2012-09-04T18:23:05.220Z	south of Java, Indonesia	-10.708	113.931	0.18889858	1.98847107	439.877851	14	440.003	6.1	14.267551	0.0145276
385	2012-09-04T07:32:11.030Z	south of Java, Indonesia	-10.839	113.962	0.187087238	1.98012122	455.016108	15	455.7253	5.6	9.372901	0.0095878
386	2012-09-04T11:20:27.660Z	south of Java, Indonesia	-10.771	113.822	0.187989414	1.98566681	443.198465	10	443.3113	5.8	10.46705	0.0108671
387	2012-09-04T13:35:14.190Z	south of Java, Indonesia	-10.652	113.911	0.185912472	1.988122004	422.606683	14.1	433.1362	5.8	10.929662	0.011452
388	2012-09-07T11:41:02.100Z	south of Java, Indonesia	-10.773	113.833	0.187272829	1.986760467	438.83129	4.8	438.9969	5.9	11.027458	0.012268
389	2012-09-17T14:21:36.300Z	south of Java, Indonesia	-10.705	113.832	0.18687496	1.986731494	439.0389601	10	436.2136	5.8	11.423869	0.0116491
390	2012-09-19T01:40:30.400Z	south of Java, Indonesia	-10.801	113.98	0.190528342	1.989323261	463.184197	10	463.2921	5.7	9.600070	0.0098515
391	2012-09-19T12:40:02.950Z	south of Java, Indonesia	-10.768	113.755	0.18797054	1.98839291	440.74074	10	448.857	5.9	11.670087	0.0121351
392	2012-09-19T16:32:22.150Z	south of Java, Indonesia	-10.732	113.868	0.187308735	1.987391853	440.251143	10	440.3587	5.7	10.297392	0.0100804
393	2012-09-19T17:35:40.900Z	south of Java, Indonesia	-10.738	113.833	0.18741455	1.985763312	441.535847	10	441.6491	5.8	11.210609	0.0114922
394	2012-11-27T09:39:23.110Z	Bali region, Indonesia	8.918	115.124	0.155844643	2.009292848	345.5361397	78.5	354.3409	5.6	12.307635	0.012503
395	2013-02-05T06:38.880Z	11km SW of Pemangahan, Indonesia	8.881	116.058	0.144949994	2.025594223	460.268758	46.5	410.9262	5.7	11.007246	0.011233
396	2013-02-07T07:03:46.060Z	46km SSE of Puharjo, Indonesia	8.203	113.002	0.1504134	1.97225068	196.391838	60	205.3258	5.8	23.513714	0.0279375
397	2013-04-08T01:45:48.200Z	60km SW of Sukoro, Indonesia	8.6243	110.9786	0.150951961	1.99941369	269.231234	9.45	269.397	5.8	19.147310	0.019321
398	2013-08-22T18:58:16.720Z	20km SSE of Kargim, Indonesia	-10.542	114.356	0.18385474	1.99541269	438.12124	10	438.2352	5.7	10.264358	0.0140667
399	2013-09-28T19:53:50.570Z	11km SSE of Kute, Indonesia	8.958	113.721	0.152372324	1.990258374	490.6235174	39.88	492.2706	5.8	8.918038	0.0090929
400	2014-01-25T05:14:18.510Z	38km SSE of Adipala, Indonesia	7.9855	109.2653	0.139372267	1.970392343	417.5068884	66	422.0914	6.1	14.888941	0.0151292
401	2014-01-25T10:25:16.000Z	41km S of Kroya, Indonesia	8.0396428	109.2903	0.139604248	1.907650188	413.972407	84.1	423.5105	5.8	11.228631	0.01145
402	2014-07-27T16:14:00.800Z	45km S of Kroya, Indonesia	8.0432	109.297	0.140415229	1.90751346	416.059568	87.8	425.2683	5.6	10.105709	0.010108
403	2014-04-03T11:24:18.900Z	62km SSE of Puharjo, Indonesia	8.8939	113.071	0.152527838	1.97567704	208.749083	78.07	223.8358	5.8	23.513714	0.0279375
404	2014-03-20T12:31:00.000Z	118km S of Sidakran, Indonesia	-9.653	114.2783	0.168476623	1.93543559	343.916900	51.1	347.3453	5.6	15.739894	0.0128128
405	2014-04-18T13:31:56.100Z	12km SW of Bungalinggi, Indonesia	8.9559	103.444	0.180855272	1.92587399	338.532123	15.37	338.6532	5.7	14.112704	0.0143958
406	2014-04-04T10:05:08.050Z	12km SW of Wanaman, Indonesia	9.0068	110.417	0.188833809	1.92718734	400.6235174	39.88	492.2706	5.8	8.918038	0.0090929
407	2014-07-14T05:05:03.260Z	61km SW of Ngulang Wetan, Indonesia	8.8188	111.229	0.15917906	1.947129407	362.236884	52.5	367.2422	5.8	19.041065	0.0152356
408	2014-07-24T08:41:07.850Z	92km S of Ngulang Wetan, Indonesia	9.1269	111.573	0.159294456	1.947356349	369.438957	35	371.2027	5.6	16.326348	0.0166824
409	2014-10-20T08:56:11.720Z	203km S of Kragan Tambora, Indonesia	-10.209	112.796	0.178726991	1.96872415	304.288736	36.09	364.8775	5.6	11.942985	0.0112163
410	2014-04-04T18:11:19.130Z	143km S of Kragan Tambora, Indonesia	-9.6876	113.854	0.169086153	1.97021007	298.52736	49.7	310.6621	5.6	14.566311	0.011467
411	2015-05-01T02:46:32.100Z	116km S of Kragan Tambora, Indonesia	-9.4395	113.9109	0.167495035	1.979660666	309.615366	31.8	326.5142	5.6	16.0270961	0.0163431
412	2015-07-24T11:44:22.880Z	61km SW of Karangbudeh Kidal, Indonesia	8.2477	108.9163	0.147949523	1.990904804	464.584180	48	467.0373	5.5	8.1352919	0.0087555
413	2015-02-03T07:05:10.100Z	94km SW of Karangbudeh Kidal, Indonesia	8.2388	112.605	0.161501309	1.964654427	387.930667	52	385.2784	5.9	11.878267	0.0230839
414	2015-08-05T05:05:49.930Z	104km SSE of Kute, Indonesia	8.7758	115.9399	0.170619897	1.925533889	442.204615	35.19	448.4865	5.8	21.112323	0.0110126
415	2015-11-07T20:57:51.830Z	31km S of Ngulang Wetan, Indonesia	-10.753	111.9987	0.177592487	1.948078349	398.233432	10	398.7588	5.0	6.9082406	0.0062656
416	2015-11-11T11:45:23.890Z	109km S of Bungalinggi, Indonesia	8.9416	102.187	0.15906036	1.925976312	361.9245815	83.02	371.3243	5.5	10.533471	0.010741
417	2016-04-25T07:06:09.12400Z	58km SW of Ngulang Wetan, Indonesia	8.9263	115.962	0.159163625	1.949309755	410.6235174	39.88	492.2706	5.8	8.918038	0.0090929
418	2016-03-02T10:06:19.12400Z	30km SW of Karang Sidalohi, Indonesia	8.5545	115.0431674	0.159431674	1.964115	388.216660	78.32	191.1631	5.7	24.660660	0.0251469
419	2016-09-10T02:49:54.520Z	174km S of Ngulang Wetan, Indonesia	9.8648	111.6346	0.172717324	1.948740395	341.3808	10	343.5264	5.8	14.038280	0.014135
420	2016-11-11T00:26:06.760Z	38km S of Ngulang Wetan, Indonesia	8.8241	111.4821	0.154098999	1.942579029	345.860788	61.23	353.4679	5.6	17.561728	0.01798
421	2016-11-18T15:10:11.020Z	74km S of Kemuning, Indonesia	9.9927	113.245	0.157126577	1.978489385	228.123425	85	240.6439	5.7	19.025494	0.020094
422	2017-01-02T12:02:25.160Z	110km SSE of Sidangrajat, Indonesia	8.8249	108.9774	0.152644751	1.89887248	456.156239	38.14	490.0778	5.8	9.8842663	0.0095969
423	2017-02-07T11:21:47.600Z	20km S of Kragan Da, Indonesia	8.4287	113.1306	0.147108567	1.974501455	450.648017	40.12	451.5477	5.8	23.488754	0.0239194
424	2017-03-03T23:02:53.130Z	58km SW of Ngulang Wetan, Indonesia	8.9015	115.933	0.159260303	1.970127289	338.216235	111.31	356.3822	6.1	11.026656	0.0121756
425	2017-04-29T02:02:12.520Z	153km SW of Tambora, Indonesia	-9.6687	111.8495	0.167850649	1.95124024	313.806492	10	314.0999	5.5	12.6061743	0.012847
426	2017-05-26T16:44:33.570Z	74km SW of Tambora, Indonesia	8.9692	111.9847	0.158542071	1.945017221	313.216306	58.3	320.4759	5.9	23.924607	0.0237764
427	2017-08-04T16:12:43.230Z	59km S of Karangbudeh Kidal, Indonesia	8.4608	108.979	0.1424238	1.962977	453.869016	63.18	458.2954	5.7	24.925647	0.0180738
428	2017-08-27T00:02:22.440Z	228km SW of Ngulang Wetan, Indonesia	-10.326	111.036	0.160276999	1.939123631	419.227619	10	419.342	5.2	9.200403	0.0073885
429	2017-10-28T16:35:16.460Z	138km S of Kragan Tambora, Indonesia	-9.6444	112.937	0.162856712	1.97106649	365.245937	35	365.2459	5.6	14.944177	0.0152388
430	2018-07-19T12:23:15.660Z	128km S of Kragan Tambora, Indonesia	-9.5608	112.821	0.16867349	1.969134567	383.2436313	31.53	388.0925	5.4	12.88659	0.0131345

Perhitungan Percepatan Tanah Rancang

1. Menentukan Garis Regresi

Mencari Konstanta A dan B untuk persamaan :

$$a = A \cdot N^B$$

Data :

n = 462 Data Gempa

T = 2500 Tahun

t = 50 Tahun

$$\text{Maka } \frac{1}{T} = 0.0004$$

$$\text{RN} = 1 - (1 - RA)^t = 0.019800737$$

$$N = \frac{1}{T} \cdot \ln(1 - RN) = 0.000273278$$

Menghitung :

$$A = \frac{n \cdot \sum(\ln N \cdot \ln a) - \sum \ln N \cdot \sum \ln a}{n \cdot \sum(\ln N)^2 - (\sum \ln N)^2} = -0.219251419$$

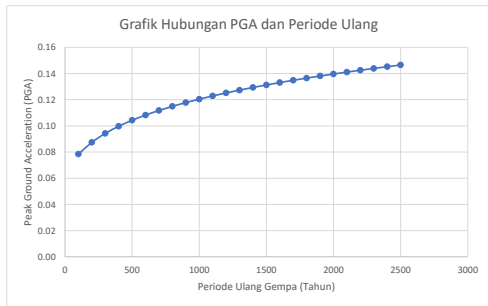
$$B = \frac{\sum(\ln N)^2 \cdot \sum \ln a - \sum \ln N \cdot \sum(\ln N \cdot \ln a)}{n \cdot \sum(\ln N)^2 - (\sum \ln N)^2} = 3.168535533$$

Percepatan tanah tak ter amplifikasi :

$$a = e^{(B+A \cdot \ln N)} = 143.6664968$$

Nilai N	t									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	0.006441576	0.005976858	0.005537129	0.005122077	0.004731275	0.004364188	0.004020183	0.00369854	0.003398465	0.003119104
200	0.003341993	0.003221388	0.003103915	0.002989565	0.002878325	0.002770175	0.002665097	0.002563064	0.002464048	0.002368018
300	0.002255307	0.002201052	0.002147724	0.002095324	0.002043848	0.001993295	0.001943662	0.001894945	0.00184714	0.001800244
400	0.001701775	0.001671073	0.001640762	0.001610843	0.001581314	0.001552175	0.001523426	0.001495065	0.001467092	0.001439506
500	0.001366375	0.001346655	0.001327136	0.001307817	0.001288698	0.001269779	0.00125106	0.00123254	0.001214219	0.001196097
600	0.001141403	0.001127676	0.001114066	0.001100571	0.001087192	0.001073928	0.001060781	0.001047749	0.001034832	0.001022031
700	0.000980035	0.000969933	0.000959905	0.000949949	0.000940066	0.000930255	0.000920518	0.000910854	0.000901262	0.000891743
800	0.000858641	0.000850897	0.000843202	0.000835556	0.000827958	0.000820409	0.00081291	0.000805459	0.000798056	0.000790703
900	0.000764004	0.00075788	0.000751789	0.000745733	0.000739711	0.000733724	0.000727771	0.000721852	0.000715967	0.000710117
1000	0.000688157	0.000683192	0.000678252	0.000673337	0.000668447	0.000663583	0.000658743	0.000653928	0.000649138	0.000644373
1100	0.000626009	0.000621903	0.000617816	0.000613748	0.000609698	0.000605667	0.000601656	0.000597662	0.000593688	0.000589732
1200	0.000574156	0.000570704	0.000567267	0.000563844	0.000560435	0.000557041	0.000553662	0.000550297	0.000546946	0.00054361
1300	0.000530236	0.000527293	0.000524362	0.000521442	0.000518534	0.000515637	0.000512751	0.000509877	0.000507014	0.000504162
1400	0.000492558	0.000490019	0.00048749	0.00048497	0.000482459	0.000479958	0.000477465	0.000474981	0.000472507	0.000470042
1500	0.000459879	0.000457667	0.000455463	0.000453266	0.000451076	0.000448894	0.000446719	0.000444552	0.000442392	0.000440239
1600	0.000431266	0.000429322	0.000427383	0.000425451	0.000423525	0.000421604	0.00041969	0.000417783	0.000415881	0.000413985
1700	0.000406006	0.0004044283	0.0004028565	0.0004012852	0.0003997144	0.000398142	0.000396574	0.0003950052	0.0003934364	0.0003918682
1800	0.000383534	0.000382003	0.00038047	0.000378942	0.000377417	0.000375897	0.000374381	0.00037287	0.000371363	0.00036986
1900	0.000363431	0.000362051	0.000360674	0.000359302	0.000357933	0.000356568	0.000355206	0.000353848	0.000352493	0.000351143
2000	0.000345325	0.000344079	0.000342837	0.000341597	0.000340361	0.000339128	0.000337898	0.000336671	0.000335447	0.000334227
2100	0.000328937	0.000327807	0.00032668	0.000325555	0.000324434	0.000323314	0.000322198	0.000321084	0.000319973	0.000318865
2200	0.000314035	0.000313005	0.000311978	0.000310953	0.00030993	0.000308909	0.000307891	0.000306876	0.000305862	0.000304851
2300	0.000300424	0.000299482	0.000298541	0.000297603	0.000296667	0.000295733	0.000294801	0.000293871	0.000292943	0.000292017
2400	0.000287944	0.000287078	0.000286215	0.000285353	0.000284493	0.000283634	0.000282778	0.000281923	0.00028107	0.000280219
2500	0.00027646	0.000275662	0.000274866	0.000274071	0.000273278	0.000272487	0.000271697	0.000270909	0.000270122	0.000269337

Periode Ulang Gempa (tahun)	Umur Bangunan (Tahun)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
100	0.0733	0.0745	0.0757	0.0770	0.0784	0.0798	0.0813	0.0828	0.0843	0.0859
200	0.0846	0.0853	0.0860	0.0867	0.0874	0.0882	0.0889	0.0897	0.0905	0.0912
300	0.0922	0.0927	0.0932	0.0937	0.0942	0.0948	0.0953	0.0958	0.0964	0.0969
400	0.0981	0.0985	0.0989	0.0993	0.0997	0.1001	0.1005	0.1009	0.1013	0.1018
500	0.1029	0.1033	0.1036	0.1039	0.1043	0.1046	0.1049	0.1053	0.1056	0.1060
600	0.1071	0.1074	0.1077	0.1079	0.1082	0.1085	0.1088	0.1091	0.1094	0.1097
700	0.1107	0.1110	0.1112	0.1115	0.1117	0.1120	0.1123	0.1125	0.1128	0.1130
800	0.1140	0.1142	0.1144	0.1147	0.1149	0.1151	0.1154	0.1156	0.1158	0.1161
900	0.1169	0.1171	0.1173	0.1176	0.1178	0.1180	0.1182	0.1184	0.1186	0.1188
1000	0.1196	0.1198	0.1200	0.1202	0.1204	0.1206	0.1208	0.1210	0.1212	0.1214
1100	0.1222	0.1223	0.1225	0.1227	0.1229	0.1230	0.1232	0.1234	0.1236	0.1238
1200	0.1245	0.1247	0.1248	0.1250	0.1252	0.1253	0.1255	0.1257	0.1258	0.1260
1300	0.1267	0.1268	0.1270	0.1271	0.1273	0.1275	0.1276	0.1278	0.1279	0.1281
1400	0.1287	0.1289	0.1290	0.1292	0.1293	0.1295	0.1296	0.1298	0.1299	0.1301
1500	0.1307	0.1308	0.1310	0.1311	0.1313	0.1314	0.1315	0.1317	0.1318	0.1320
1600	0.1326	0.1327	0.1328	0.1329	0.1331	0.1332	0.1333	0.1335	0.1336	0.1337
1700	0.1343	0.1344	0.1346	0.1347	0.1348	0.1349	0.1351	0.1352	0.1353	0.1355
1800	0.1360	0.1361	0.1362	0.1364	0.1365	0.1366	0.1367	0.1369	0.1370	0.1371
1900	0.1376	0.1377	0.1379	0.1380	0.1381	0.1382	0.1383	0.1384	0.1385	0.1387
2000	0.1392	0.1393	0.1394	0.1395	0.1396	0.1397	0.1398	0.1399	0.1401	0.1402
2100	0.1407	0.1408	0.1409	0.1410	0.1411	0.1412	0.1413	0.1414	0.1415	0.1416
2200	0.1421	0.1422	0.1423	0.1424	0.1425	0.1426	0.1427	0.1428	0.1429	0.1430
2300	0.1435	0.1436	0.1437	0.1438	0.1439	0.1440	0.1441	0.1442	0.1443	0.1444
2400	0.1448	0.1449	0.1450	0.1451	0.1452	0.1453	0.1454	0.1455	0.1456	0.1457
2500	0.1461	0.1462	0.1463	0.1464	0.1465	0.1466	0.1467	0.1468	0.1469	0.1470

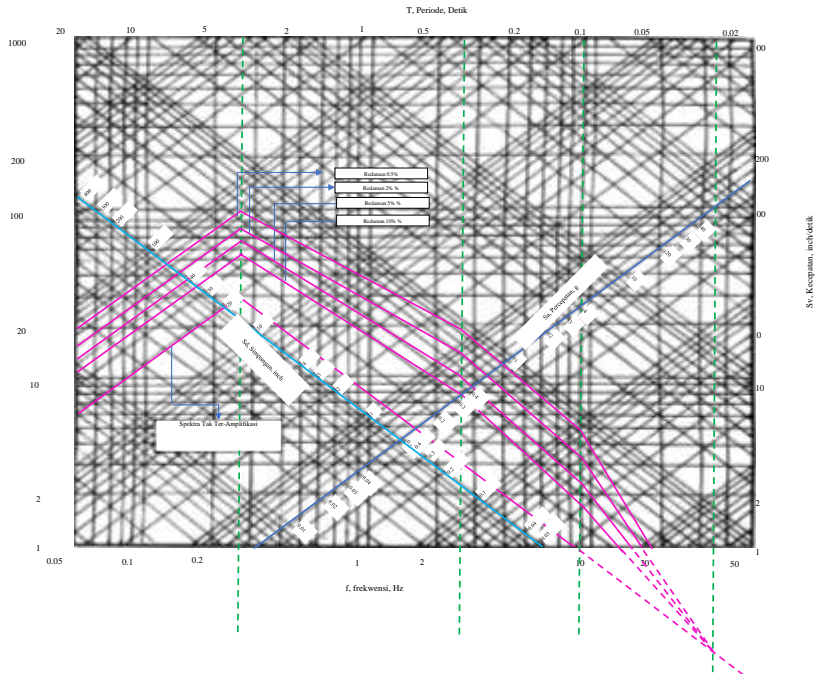


2. Pembuatan Diagram Spektra Rancang untuk Kota Surabaya dengan Model Atenuasi Matuska dan Faktor Amplifikasi menurut NRC

Harga a T 2500 dan t 50 : 0.1465

Harga-harga faktor amplifikasi spectra menurut NRC

% Red. Kritis	Faktor Amplifikasi							
	Percepatan				Perpindahan			
	A = 33 Hz		B = 9 Hz		C = 2.5 Hz		D = 0.25 Hz	
0.5	1	0.146499056	4.96	0.726635318	5.95	0.871669384	3.2	0.468796979
2	1	0.146499056	3.54	0.518606658	4.25	0.622620988	2.5	0.36624764
5	1	0.146499056	2.61	0.382362536	3.13	0.458542045	2.05	0.300323065
7	1	0.146499056	2.27	0.332552857	2.72	0.398477432	1.88	0.275418225
10	1	0.146499056	1.9	0.278348206	2.28	0.334017848	1.7	0.249048395

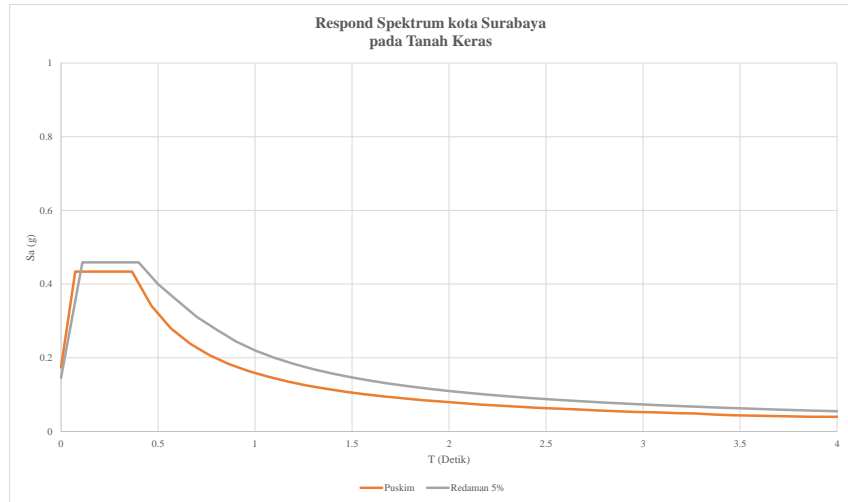


Redaman 5% :

T	Sa
0.000	0.146
0.110	0.459
0.400	0.459
0.500	0.400
0.600	0.355
0.700	0.311
0.800	0.277
0.900	0.245
1.000	0.220
1.100	0.200
1.200	0.183
1.300	0.169
1.400	0.157
1.500	0.147
1.600	0.138
1.700	0.129
1.800	0.122
1.900	0.116
2.000	0.110
2.100	0.105
2.200	0.100
2.300	0.096
2.400	0.092
2.500	0.088
2.600	0.085
2.700	0.081
2.800	0.079
2.900	0.076
3.000	0.073
3.100	0.071
3.200	0.069
3.300	0.067
3.400	0.065
3.500	0.063
3.600	0.061
3.700	0.059
3.800	0.058
3.900	0.056
4.000	0.055

Puskim :

T	Sa
0	0.174
0.073	0.434
0.366	0.434
0.466	0.341
0.566	0.28
0.666	0.238
0.766	0.207
0.866	0.183
0.966	0.164
1.066	0.149
1.166	0.136
1.266	0.125
1.366	0.116
1.466	0.108
1.566	0.101
1.666	0.095
1.766	0.09
1.866	0.085
1.966	0.081
2.066	0.077
2.166	0.073
2.266	0.07
2.366	0.067
2.466	0.064
2.566	0.062
2.666	0.06
2.766	0.057
2.866	0.055
2.966	0.053
3.066	0.052
3.166	0.05
3.266	0.049
3.366	0.046
3.466	0.044
3.566	0.043
3.666	0.042
3.766	0.041
3.866	0.04
4	0.04



3. Konversi Kelas situs

Terdapat 3 kelas situs yakni tanah keras, sedang dan lunak sehingga dalam pembuatan berikan dalam 3 kelas situs menggunakan SNI 1726-2002

Pada SNI 1726-2002

Tabel A0

Tabel A0 Perbandingan antara tanah lunak dan tanah keras (dalam satuan berat)

Kelas Tanah	Kelas Tanah Lunak		Kelas Tanah Keras	
	T	Sa	T	Sa
1	0,00	0,146	0,00	0,146
2	0,110	0,459	0,110	0,459
3	0,500	0,459	0,500	0,459
4	0,600	0,383	0,600	0,383
5	0,700	0,329	0,700	0,329
6	0,800	0,288	0,800	0,288
7	0,900	0,256	0,900	0,256
8	1,000	0,230	1,000	0,230
9	1,100	0,209	1,100	0,209
10	1,200	0,192	1,200	0,192
11	1,300	0,177	1,300	0,177
12	1,400	0,164	1,400	0,164
13	1,500	0,153	1,500	0,153
14	1,600	0,144	1,600	0,144
15	1,700	0,135	1,700	0,135
16	1,800	0,128	1,800	0,128
17	1,900	0,121	1,900	0,121
18	2,000	0,115	2,000	0,115
19	2,100	0,110	2,100	0,110
20	2,200	0,105	2,200	0,105
21	2,300	0,100	2,300	0,100
22	2,400	0,096	2,400	0,096
23	2,500	0,092	2,500	0,092
24	2,600	0,088	2,600	0,088
25	2,700	0,085	2,700	0,085
26	2,800	0,082	2,800	0,082
27	2,900	0,079	2,900	0,079
28	3,000	0,077	3,000	0,077
29	3,100	0,074	3,100	0,074
30	3,200	0,072	3,200	0,072
31	3,300	0,070	3,300	0,070
32	3,400	0,068	3,400	0,068
33	3,500	0,066	3,500	0,066
34	3,600	0,064	3,600	0,064
35	3,700	0,062	3,700	0,062
36	3,800	0,061	3,800	0,061
37	3,900	0,059	3,900	0,059
38	4,000	0,058	4,000	0,058
39	4,100	0,056	4,100	0,056

Wil. Gempa :		3	
	Tanah Keras	Tanah Sedang	Tanah Lunak
Koef.	0.18	0.23	0.30
PGA	0.459	0.5865	0.6885

Redaman 5% :

#Tanah Keras	
T	Sa
0.000	0.146
0.110	0.459
0.500	0.459
0.600	0.383
0.700	0.329
0.800	0.288
0.900	0.256
1.000	0.230
1.100	0.209
1.200	0.192
1.300	0.177
1.400	0.164
1.500	0.153
1.600	0.144
1.700	0.135
1.800	0.128
1.900	0.121
2.000	0.115
2.100	0.110
2.200	0.105
2.300	0.100
2.400	0.096
2.500	0.092
2.600	0.088
2.700	0.085
2.800	0.082
2.900	0.079
3.000	0.077
3.100	0.074
3.200	0.072
3.300	0.070
3.400	0.068
3.500	0.066
3.600	0.064
3.700	0.062
3.800	0.061
3.900	0.059
4.000	0.058
4.100	0.056

#Tanah Sedang	
T	Sa
0.000	0.146
0.110	0.587
0.550	0.587
0.610	0.541
0.625	0.528
0.65	0.508
0.675	0.489
0.650	0.508
0.750	0.440
0.850	0.388
0.950	0.347
1.050	0.314
1.150	0.287
1.250	0.264
1.350	0.244
1.450	0.228
1.550	0.213
1.650	0.200
1.750	0.189
1.850	0.178
1.950	0.169
2.050	0.161
2.150	0.153
2.250	0.147
2.350	0.140
2.450	0.135
2.550	0.129
2.650	0.125
2.750	0.120
2.850	0.116
2.950	0.112
3.050	0.108
3.150	0.105
3.250	0.102
3.350	0.099
3.450	0.096
3.550	0.093
3.650	0.090
3.750	0.088
3.850	0.086
4.000	0.083

#Tanah Lunak	
T	Sa
0.000	0.146
0.110	0.689
1.000	0.689
1.100	0.636
1.200	0.583
1.300	0.538
1.400	0.500
1.500	0.467
1.600	0.438
1.700	0.412
1.800	0.389
1.900	0.368
2.000	0.350
2.100	0.333
2.200	0.318
2.300	0.304
2.400	0.292
2.500	0.280
2.600	0.269
2.700	0.259
2.800	0.250
2.900	0.241
3.000	0.233
3.100	0.226
3.200	0.219
3.300	0.212
3.400	0.206
3.500	0.200
3.600	0.194
3.700	0.189
3.800	0.184
3.900	0.179
4.000	0.175

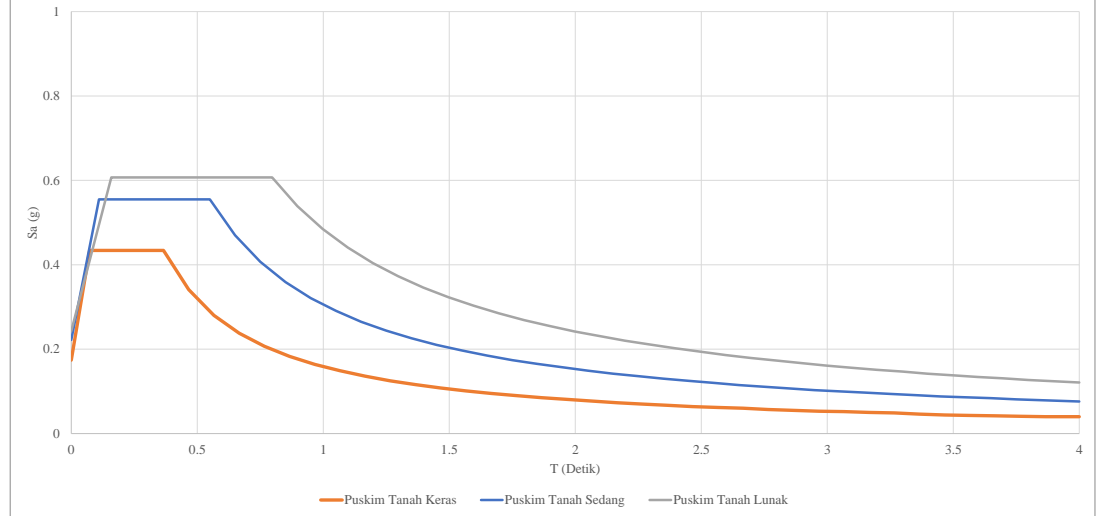
Puskim :

#Tanah Keras	
T	Sa
0	0.174
0.073	0.434
0.366	0.434
0.466	0.341
0.566	0.28
0.666	0.238
0.766	0.207
0.866	0.183
0.966	0.164
1.066	0.149
1.166	0.136
1.266	0.125
1.366	0.116
1.466	0.108
1.566	0.101
1.666	0.095
1.766	0.09
1.866	0.085
1.966	0.081
2.066	0.077
2.166	0.073
2.266	0.07
2.366	0.067
2.466	0.064
2.566	0.062
2.666	0.06
2.766	0.057
2.866	0.055
2.966	0.053
3.066	0.052
3.166	0.05
3.266	0.049
3.366	0.046
3.466	0.044
3.566	0.043
3.666	0.042
3.766	0.041
3.866	0.04
4	0.04

#Tanah Sedang	
T	Sa
0	0.222
0.110	0.555
0.550	0.555
0.650	0.47
0.750	0.407
0.850	0.359
0.950	0.321
1.050	0.291
1.150	0.265
1.250	0.244
1.350	0.226
1.450	0.21
1.550	0.197
1.650	0.185
1.750	0.174
1.850	0.165
1.950	0.157
2.050	0.149
2.150	0.142
2.250	0.136
2.350	0.13
2.450	0.125
2.550	0.12
2.650	0.115
2.750	0.111
2.850	0.107
2.950	0.103
3.050	0.1
3.150	0.097
3.250	0.094
3.350	0.091
3.450	0.088
3.550	0.086
3.650	0.084
3.750	0.081
3.850	0.079
3.950	0.077
4.000	0.076

#Tanah Lunak	
T	Sa
0	0.243
0.159	0.607
0.797	0.607
0.897	0.559
0.997	0.485
1.097	0.441
1.197	0.404
1.297	0.373
1.397	0.346
1.497	0.323
1.597	0.303
1.697	0.285
1.797	0.269
1.897	0.255
1.997	0.242
2.097	0.231
2.197	0.22
2.297	0.211
2.397	0.202
2.497	0.194
2.597	0.186
2.697	0.179
2.797	0.173
2.897	0.167
2.997	0.161
3.097	0.156
3.197	0.151
3.297	0.147
3.397	0.142
3.497	0.138
3.597	0.134
3.697	0.131
3.797	0.127
3.897	0.124
4	0.121

Respond Spektrum kota Surabaya
pada Tanah Keras



Lampiran 2
(Rekapitulasi Perhitungan Volume Material)

Tabel 1 Rekapitulasi Kebutuhan Pembesian Struktur

LANTAI	Nama Elemen (per Kg)									
	BALOK		KOLOM + KONSOL			SHEARWALL			PELAT	TANGA
	D13	D19	D19	D22	D25	D13	D19	D25	D10	D10
1	-	-	-	1193.705	256.6473	3489.001	5883.44	8487.633	-	1879.614
2	870.2051	238.3727	2601.875	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	6179.245	1309.399
3	870.2051	238.3727	2601.875	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	6179.245	1309.399
4	999.2957	272.1482	3020.535	859.4677	256.6473	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
5	999.2957	272.1482	3020.535	859.4677	256.6473	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
6	902.2957	222.1482	2920.535	811.4677	196.6473	1255.601	3369.568	4516.281	5021.795	1309.399
7	902.2957	222.1482	2920.535	811.4677	196.6473	1255.601	3369.568	4516.281	5021.795	1309.399
8	899.5656	247.884	2697.104	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
9	899.5656	247.884	2697.104	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
10	899.5656	247.884	2697.104	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
11	899.5656	247.884	2697.104	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	5619.367	1309.399
12	870.2051	238.3727	2601.875	572.9784	75.4845	1255.601	3369.568	4516.281	5798.711	1309.399
Atap	957.613	265.5962	2876.322	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	10969.67	2960.843	33352.5	8546.425	1691.628	20004.77	46483.45	63679.65	61916.99	16283

Diameter

D10	78199.99 kg
D13	30974.44 kg
D19	82796.79 kg
D22	8546.425 kg
D25	65371.28 kg

Tabel 2 Rekapitulasi Kebutuhan Cor Kolom

Lantai	Tipe Kolom	Dimensi		Tinggi Bersih (m)	Jumlah Kolom	Volume per kolom (m3)	Total Volume (m3)	Volume Pembesian (m3)	Volume Bersih (m3)
		b (m)	h (m)						
1	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.42	4.154
2	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249
3	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249
4	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249
5	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249
6	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249

7	K1	0.55	0.8	2.6	4	1.144	4.58	0.33	4.249
8	K1	0.55	0.8	2.6	3	1.144	3.43	0.33	3.105
9	K1	0.55	0.8	2.6	3	1.144	3.43	0.33	3.105
10	K1	0.55	0.8	2.6	3	1.144	3.43	0.33	3.105
11	K1	0.55	0.8	2.6	3	1.144	3.43	0.33	3.105
12	K1	0.55	0.8	2.6	3	1.144	3.43	0.33	3.105
					43	13.728	49.192	4.02	45.17
Lantai	Tipe Kolom	Dimensi		Tinggi Bersih	Jumlah Kolom	Volume per kolom	Total Volume	Volume Pemesian	Volume Bersih
		b (m)	h (m)	(m)		(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
1	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.37	17.18
2	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
3	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
4	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
5	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
6	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
7	k2	0.5	0.9	2.6	15	1.17	17.55	0.22	17.33
8	k2	0.5	0.9	2.6	11	1.17	12.87	0.22	12.65
9	k2	0.5	0.9	2.6	11	1.17	12.87	0.22	12.65
10	k2	0.5	0.9	2.6	5	1.17	5.85	0.22	5.63

11	k2	0.5	0.9	2.6	5	1.17	5.85	0.22	5.63
12	k2	0.5	0.9	2.6	5	1.17	5.85	0.22	5.63
					142	14.04	166.14	2.77	163.37
Lantai	Tipe Kolom	Dimensi		Tinggi Bersih (m)	Jumlah Kolom	Volume per kolom (m3)	Total Volume (m3)	Volume Pembesian (m3)	Volume Bersih (m3)
		b (m)	h (m)						
1	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
2	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
3	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
4	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
5	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
6	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
7	K3	0.5	0.7	2.6	8	0.91	7.28	0.00	7.28
8	K3	0.5	0.7	2.6	3	0.91	2.73	2.77	-0.04
9	K3	0.5	0.7	2.6	3	0.91	2.73	0.00	2.73
10	K3	0.5	0.7	2.6	3	0.91	2.73	0.00	2.73
11	K3	0.5	0.7	2.6	3	0.91	2.73	0.00	2.73
12	K3	0.5	0.7	2.6	3	0.91	2.73	0.00	2.73
					71	10.92	64.61	2.77	61.84
Total seluruh Volume :		270.39	m2						

Tabel 3 Rekapitulasi Kebutuhan Volume Cor Balok Utama

LANTAI	BALOK	AS	Volume m3
lt 2	B1	C 1'-2	0.792
lt 2	B1	C 2 - 3	1.584
lt 2	B1	C 3 - 4	1.584
lt 2	B1	C 4 - 4'	0.792
lt 2	B2	B' 1 - 1'	0.4875
lt 2	B2	B' 1' - 2	0.4875
lt 2	B2	B' 2 - 2'	0.4875
lt 2	B2	B' 2' - 3	0.4875
lt 2	B2	B' 3 - 3'	0.4875
lt 2	B2	B' 3' - 4	0.4875
lt 2	B2	B' 4 - 4'	0.4875
lt 2	B2	B' 4' - 5	0.4875
lt 2	B1	B 1 - 1'	0.78
lt 2	B1	B 1' - 2	0.78
lt 2	B1	B 2 - 2'	0.78
lt 2	B1	B 2' - 3	0.78
lt 2	B1	B 3 - 3'	0.78
lt 2	B1	B 3' - 4	0.78
lt 2	B1	B 4 - 4'	0.78
lt 2	B1	B 4' - 5	0.78
lt 2	B1	A 1'-2	0.792
lt 2	B1	A 2 - 3	1.584
lt 2	B1	A 3 - 4	1.584
lt 2	B1	A 4 - 4'	0.792

LANTAI	BALOK	AS	Volume m3
lt 3-11	B1	C 1'-2	0.792
lt 3-11	B1	C 2 - 3	1.584
lt 3-11	B1	C 3 - 4	1.584
lt 3-11	B1	C 4 - 4'	0.792
lt 3-11	B2	B' 1 - 1'	0.4875
lt 3-11	B2	B' 1' - 2	0.4875
lt 3-11	B2	B' 2 - 2'	0.4875
lt 3-11	B2	B' 2' - 3	0.4875
lt 3-11	B2	B' 3 - 3'	0.4875
lt 3-11	B2	B' 3' - 4	0.4875
lt 3-11	B2	B' 4 - 4'	0.4875
lt 3-11	B2	B' 4' - 5	0.4875
lt 3-11	B1	B 1 - 1'	0.78
lt 3-11	B1	B 1' - 2	0.78
lt 3-11	B1	B 2 - 2'	0.78
lt 3-11	B1	B 2' - 3	0.78
lt 3-11	B1	B 3 - 3'	0.78
lt 3-11	B1	B 3' - 4	0.78
lt 3-11	B1	B 4 - 4'	0.78
lt 3-11	B1	B 4' - 5	0.78
lt 3-11	B1	A 1'-2	0.792
lt 3-11	B1	A 2 - 3	1.584
lt 3-11	B1	A 3 - 4	1.584
lt 3-11	B1	A 4 - 4'	0.792

LANTAI	BALOK	AS	Volume m3
lt Atap	B1	C 1'-2	0.792
lt Atap	B1	C 2 - 3	1.584
lt Atap	B1	C 3 - 4	1.584
lt Atap	B1	C 4 - 4'	0.792
lt Atap	B2	B' 1 - 1'	0.4875
lt Atap	B2	B' 1' - 2	0.4875
lt Atap	B2	B' 2 - 2'	0.4875
lt Atap	B2	B' 2' - 3	0.4875
lt Atap	B2	B' 3 - 3'	0.4875
lt Atap	B2	B' 3' - 4	0.4875
lt Atap	B2	B' 4 - 4'	0.4875
lt Atap	B2	B' 4' - 5	0.4875
lt Atap	B1	B 1 - 1'	0.78
lt Atap	B1	B 1' - 2	0.78
lt Atap	B1	B 2 - 2'	0.78
lt Atap	B1	B 2' - 3	0.78
lt Atap	B1	B 3 - 3'	0.78
lt Atap	B1	B 3' - 4	0.78
lt Atap	B1	B 4 - 4'	0.78
lt Atap	B1	B 4' - 5	0.78
lt Atap	B1	A 1'-2	0.792
lt Atap	B1	A 2 - 3	1.584
lt Atap	B1	A 3 - 4	1.584
lt Atap	B1	A 4 - 4'	0.792

lt 2	B1	A 4 - 4'	0.792
lt 2	B1	1 A' - B	0.648
lt 2	B1	1 B' - B''	0.672
lt 2	B2	1' A - B	0.75
lt 2	B2	1' B - B'	0.3075
lt 2	B2	1' B' - C	0.7575
lt 2	B1	2 A - B	1.152
lt 2	B1	2 B - B'	0.468
lt 2	B1	2 B' - C	1.188
lt 2	B2	2' A - B	0.75
lt 2	B2	2' B - B'	0.3075
lt 2	B2	2' B' - C	0.7575
lt 2	B1	3 A - B	1.152
lt 2	B1	3 B - B'	0.468
lt 2	B1	3 B' - C	1.188
lt 2	B2	3' A - B	0.75
lt 2	B2	3' B - B'	0.3075
lt 2	B2	3' B' - C	0.7575
lt 2	B1	4 A - B	1.152
lt 2	B1	4 B - B'	0.468
lt 2	B1	4 B' - C	1.188
lt 2	B2	4' A - B	0.75
lt 2	B2	4' B - B'	0.3075
lt 2	B2	4' B' - C	0.7575
lt 2	B1	5 A - B	1.152
lt 2	B1	5 B - B'	0.468
lt 2	B1	5 B' - C	1.188
lt 2	B2	B' 1 - 1'	0.4875

lt 3-11	B1	A 4 - 4'	0.792
lt 3-11	B1	1 A' - B	0.648
lt 3-11	B1	1 B' - B''	0.672
lt 3-11	B2	1' A - B	0.75
lt 3-11	B2	1' B - B'	0.3075
lt 3-11	B2	1' B' - C	0.7575
lt 3-11	B1	2 A - B	1.152
lt 3-11	B1	2 B - B'	0.468
lt 3-11	B1	2 B' - C	1.188
lt 3-11	B2	2' A - B	0.75
lt 3-11	B2	2' B - B'	0.3075
lt 3-11	B2	2' B' - C	0.7575
lt 3-11	B1	3 A - B	1.152
lt 3-11	B1	3 B - B'	0.468
lt 3-11	B1	3 B' - C	1.188
lt 3-11	B2	3' A - B	0.75
lt 3-11	B2	3' B - B'	0.3075
lt 3-11	B2	3' B' - C	0.7575
lt 3-11	B1	4 A - B	1.152
lt 3-11	B1	4 B - B'	0.468
lt 3-11	B1	4 B' - C	1.188
lt 3-11	B2	4' A - B	0.75
lt 3-11	B2	4' B - B'	0.3075
lt 3-11	B2	4' B' - C	0.7575
lt 3-11	B1	5 A - B	1.152
lt 3-11	B1	5 B - B'	0.468
lt 3-11	B1	5 B' - C	1.188
lt 3-11	B2	B' 1 - 1'	0.4875

lt Atap	B1	A 4 - 4'	0.792
lt Atap	B1	1 A' - B	0.648
lt Atap	B1	1 B' - B''	0.672
lt Atap	B2	1' A - B	0.75
lt Atap	B2	1' B - B'	0.3075
lt Atap	B2	1' B' - C	0.7575
lt Atap	B1	2 A - B	1.152
lt Atap	B1	2 B - B'	0.468
lt Atap	B1	2 B' - C	1.188
lt Atap	B2	2' A - B	0.75
lt Atap	B2	2' B - B'	0.3075
lt Atap	B2	2' B' - C	0.7575
lt Atap	B1	3 A - B	1.152
lt Atap	B1	3 B - B'	0.468
lt Atap	B1	3 B' - C	1.188
lt Atap	B2	3' A - B	0.75
lt Atap	B2	3' B - B'	0.3075
lt Atap	B2	3' B' - C	0.7575
lt Atap	B1	4 A - B	1.152
lt Atap	B1	4 B - B'	0.468
lt Atap	B1	4 B' - C	1.188
lt Atap	B2	4' A - B	0.75
lt Atap	B2	4' B - B'	0.3075
lt Atap	B2	4' B' - C	0.7575
lt Atap	B1	5 A - B	1.152
lt Atap	B1	5 B - B'	0.468
lt Atap	B1	5 B' - C	1.188
lt Atap	B2	B' 1 - 1'	0.4875

Lantai	Type Plat	Volume m3	Volume zona
2	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
	3	Plat A	15.75
Plat B		4.07	
Plat D		1.34	
Plat E		15.67	20.25
Plat F		4.07	
Plat G		0.51	

Lantai Tangga	Volume m3
1	35.46
2	25.28
3	25.28
4	25.28
5	25.28
6	25.28
7	25.28
8	25.28
9	25.28
10	25.28
11	25.28

Lantai	Volume
	m3
2	79.28
	38.31
3	69.10
	38.31
4	69.10
	38.31
5	69.10
	38.31
6	69.10
	38.31
7	69.10
	38.31

4	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
5	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
6	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	

8	69.10
	38.31
9	69.10
	38.31
10	69.10
	38.31
11	69.10
	38.31
Atap	44.76
	40.65

	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
7	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
8	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
9	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	

	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
10	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
11	Plat A	15.75	21.16
	Plat B	4.07	
	Plat D	1.34	
	Plat E	15.67	20.25
	Plat F	4.07	
	Plat G	0.51	
12	Plat A	15.75	22.09

	Plat B	4.07	
	Plat D	1.33	
	Plat E	0.94	
	Plat F	18.01	22.58
	Plat G	4.07	
	Plat C	0.51	



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

LAMPIRAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA USGS

Mahasiswa

AVITA NURUL HIDAYATI

NRP 10111510000042

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.

NIP. 19590209.198603.1.002

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



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 145501

LAMPIRAN

**PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA USGS**

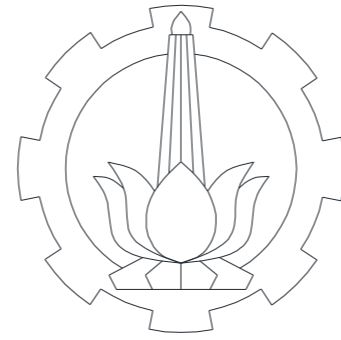
Mahasiswa

**AVITA NURUL HIDAYATI
NRP 1011151000042**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S.
NIP. 19590209.198603.1.002**

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



**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
BANGUNAN GEDUNG**

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STRUKTUR

TUGAS AKHIR TERAPAN

**PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA USGS**

OLEH :

Avita Nurul Hidayati

NRP. 1011151000042

DOSEN PEMBIMBING:

Dr. Ir.Dicky Imam Wahyudi, M.S

NIP. 19590209.198603.1.002

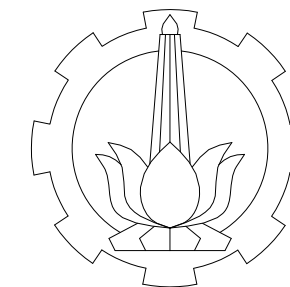
DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH LANTAI		
ARS	DENAH LANTAI 1 (+0,0)	01
ARS	DENAH LANTAI 2 (+3,5)	02
ARS	DENAH LANTAI 3 (+7,0)	03
ARS	DENAH LANTAI 4 (+10,5)	04
ARS	DENAH LANTAI 5 (+14,0)	05
ARS	DENAH LANTAI 6 (+17,5)	06
ARS	DENAH LANTAI 7 (+21,0)	07
ARS	DENAH LANTAI 8 (+24,5)	08
ARS	DENAH LANTAI 9 (+28,0)	09
ARS	DENAH LANTAI 10 (+31,5)	10
ARS	DENAH LANTAI 11 (+35,0)	11
ARS	DENAH LANTAI 12 (+38,5)	12
ARS	DENAH LANTAI ATAP (+40,5)	13
TAMPAK		
ARS	BARAT LAUT	14
ARS	BARAT DAYA	15
ARS	TENGGARA	16
ARS	TIMUR LAUT	17
POTONGAN		
ARS	POTONGAN 1-1	18
ARS	POTONGAN 2-2	19
ARS	POTONGAN 3-3	20
STRUKTUR TANGGA		
STR	DETAIL TANGGA UTAMA	21
STR	DETAIL TANGGA DARURAT	22

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STRUKTUR PLAT		
STR	DENAH RENCANA PLAT 2-4 (ELV.+3,5 s/d +10,5)	23
STR	DENAH RENCANA PLAT 5-6 (ELV. +14,0 s/d +17,5)	24
STR	DENAH RENCANA PLAT 7-8 (ELV. +21,0 s/d +24,5)	25
STR	DENAH RENCANA PLAT 9-10 (ELV. +28,0 s/d +31,5)	26
STR	DENAH RENCANA PLAT 11-ATAP (ELV. +35,0 s/d +40,5)	27
STR	DETAIL PLAT A	28
STR	DETAIL PLAT B	29
STR	DETAIL PLAT C	30
STR	DETAIL PLAT D	31
STR	DETAIL PLAT E	32
STR	DETAIL PLAT F	33
STR	DETAIL PLAT G	34
STR	DETAIL PENULANGAN PER LANTAI (ELV +7,0)	35
STRUKTUR BALOK		
STR	DENAH RENCANA BALOK 2-PLAT 3 (ELV.+3,5 s/d +7,0)	36
STR	DENAH RENCANA BALOK 4-10 (ELV. +10,5 s/d +14,0)	37
STR	DENAH RENCANA BALOK 11- ATAP (ELV. +17,5 s/d +40,5)	38
STR	PENULANGAN BALOK BA1-BA9	39
STR	PENULANGAN BALOK BA10-BA17	40
STR	PENULANGAN BALOK B1-B2	41
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA1-3	42
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA4-6	43
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA7-9	44
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA10-12	45
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA13-15	46
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK BA15-17	47
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B1	48
STR	DETAIL PENULANGAN BALOK B2	49

DAFTAR GAMBAR

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STRUKTUR KOLOM		
STR	RENCANA KOLOM LANTAI 1-12 (+0,0 s/d 38,5)	50
STR	RENCANA KOLOM ATAP (+38,5 s/d +40,5)	51
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K1	52
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K2	53
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM K3	54
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K1-K1	55
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K2-K2	56
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K3-K3	57
STRUKTUR SHEARWALL		
STR	RENCANA SHEARWALL 1-1 LT1-LT12 (+0,00 s/d +38,5)	58
STR	RENCANA SHEARWALL 2-1 LT1-LT12 (+0,00 s/d +38,5)	59
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL SW1-1	60
STR	DETAIL PENULANGAN SHEARWALL SW2-1	61
DETAIL POTONGAN PORTAL		
STR	PORTAL MEMANJANG (As.)	62
STR	DETAIL PORTAL MEMANJANG	63
STR	PORTAL MEMANJANG (As.)	64
STR	DETAIL PORTAL MEMANJANG	65



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 1 (+0,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

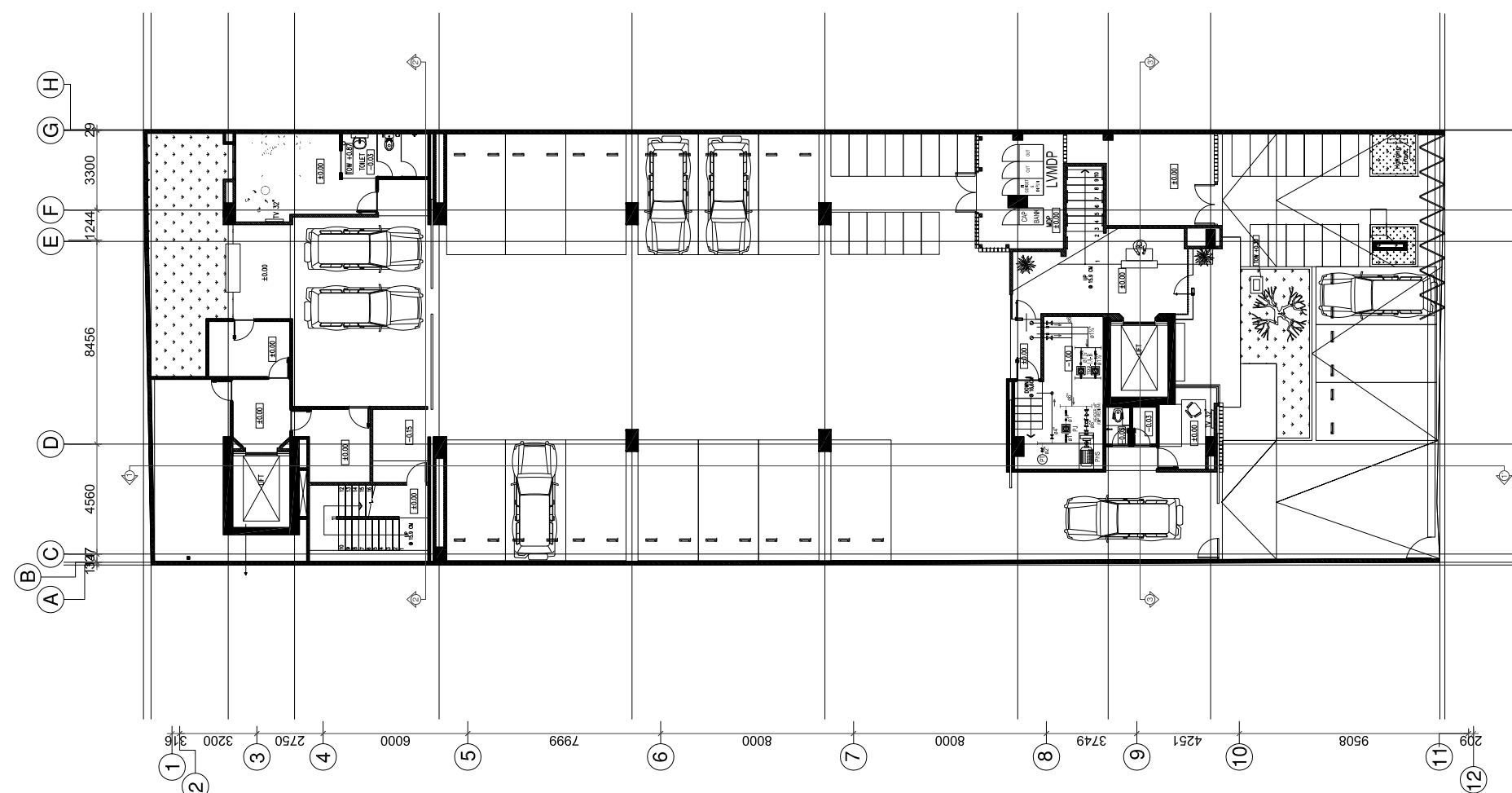
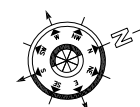
1 : 100

NOMER GAMBAR

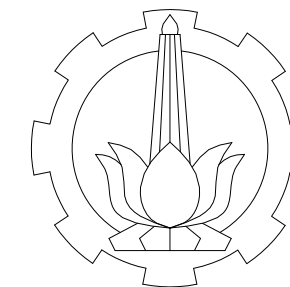
JUMLAH GAMBAR

01

65



LANTAI 1
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 2 (+3,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

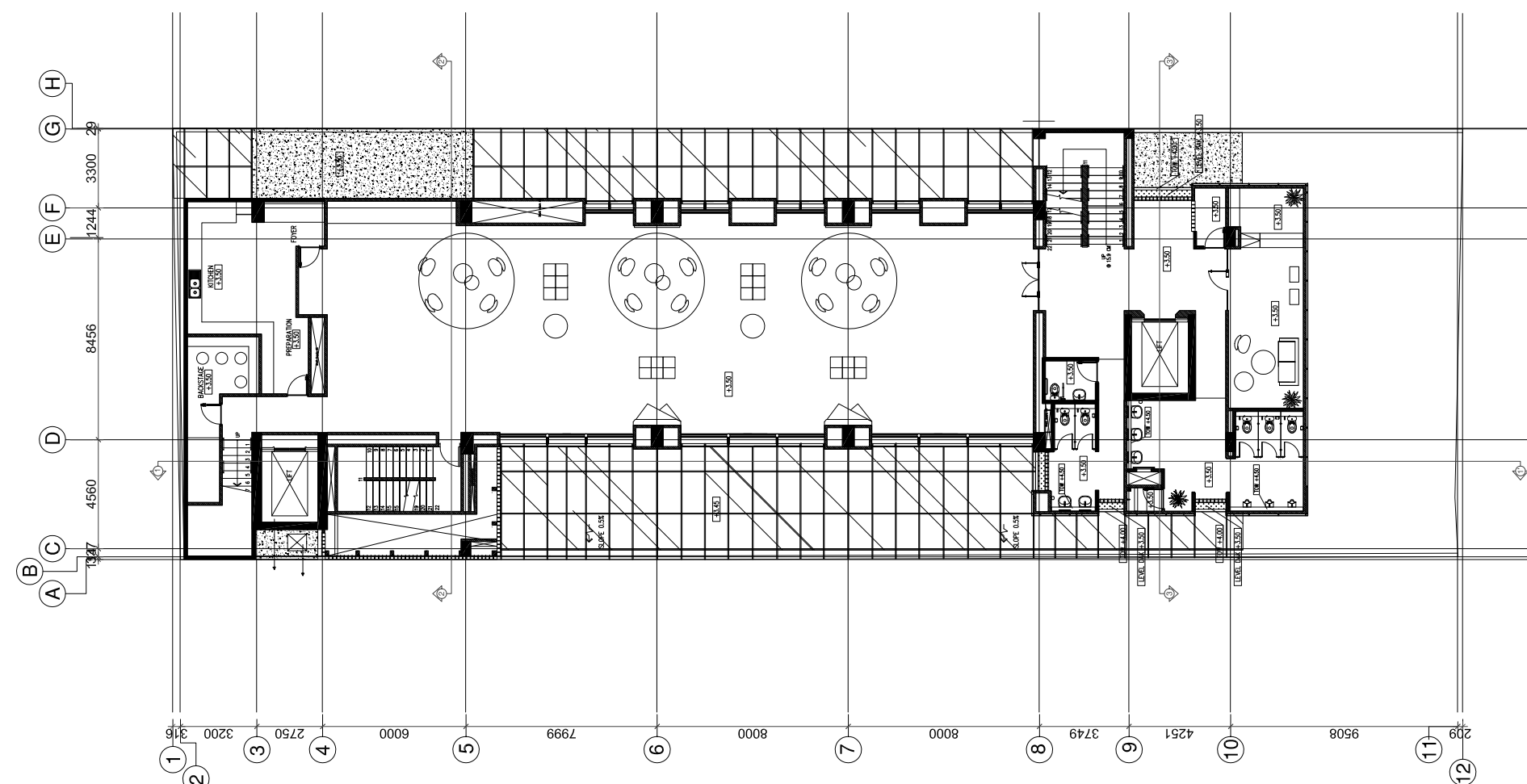
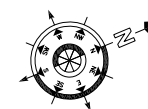
1 : 100

NOMER GAMBAR

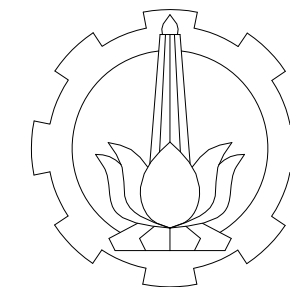
JUMLAH GAMBAR

02

65



LANTAI 2
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 3 (+7,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

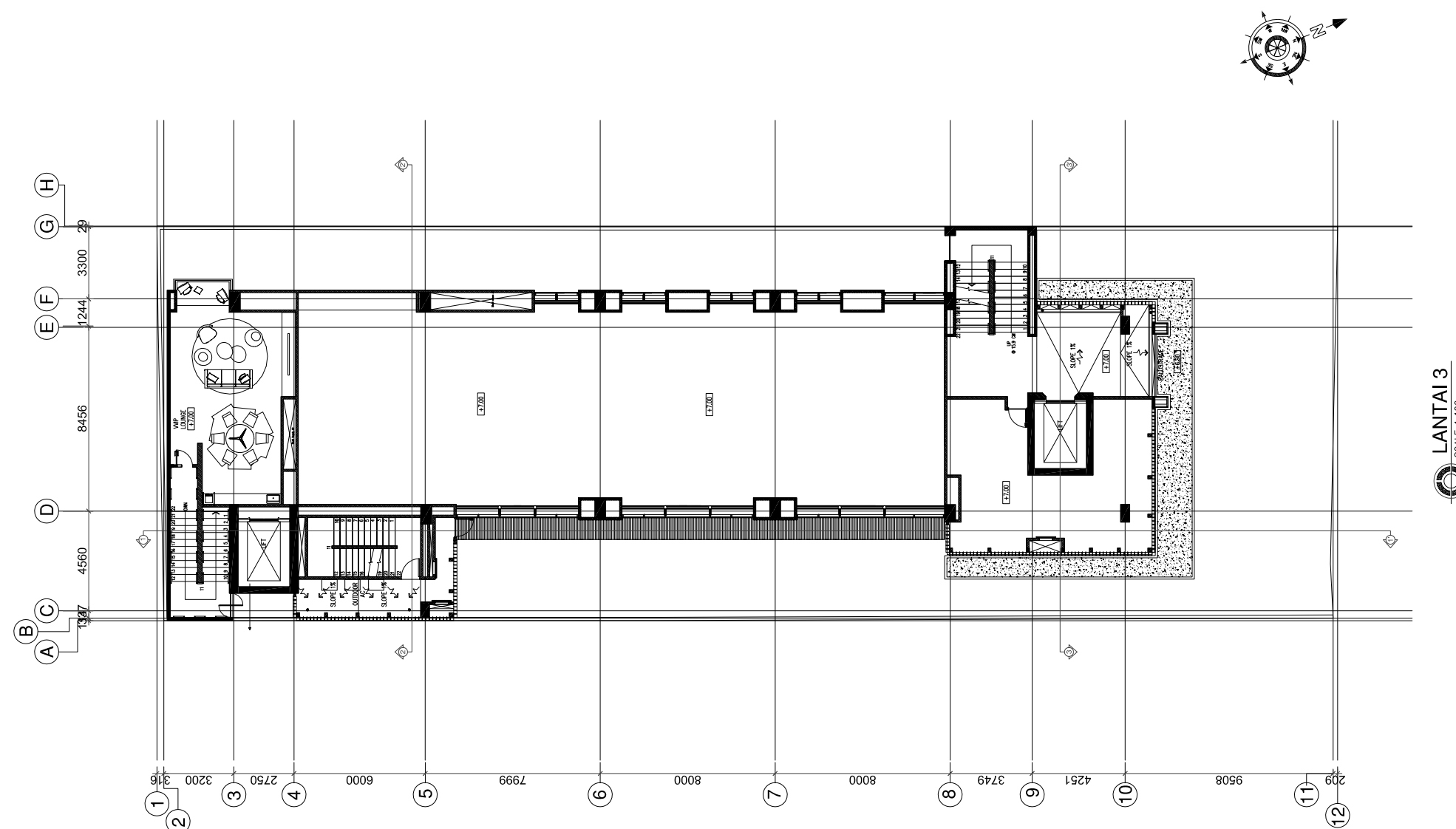
1 : 100

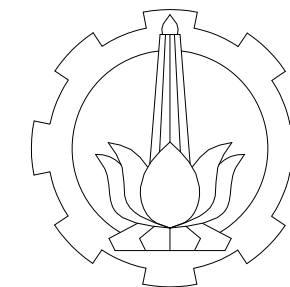
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

03

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 4 (+10,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

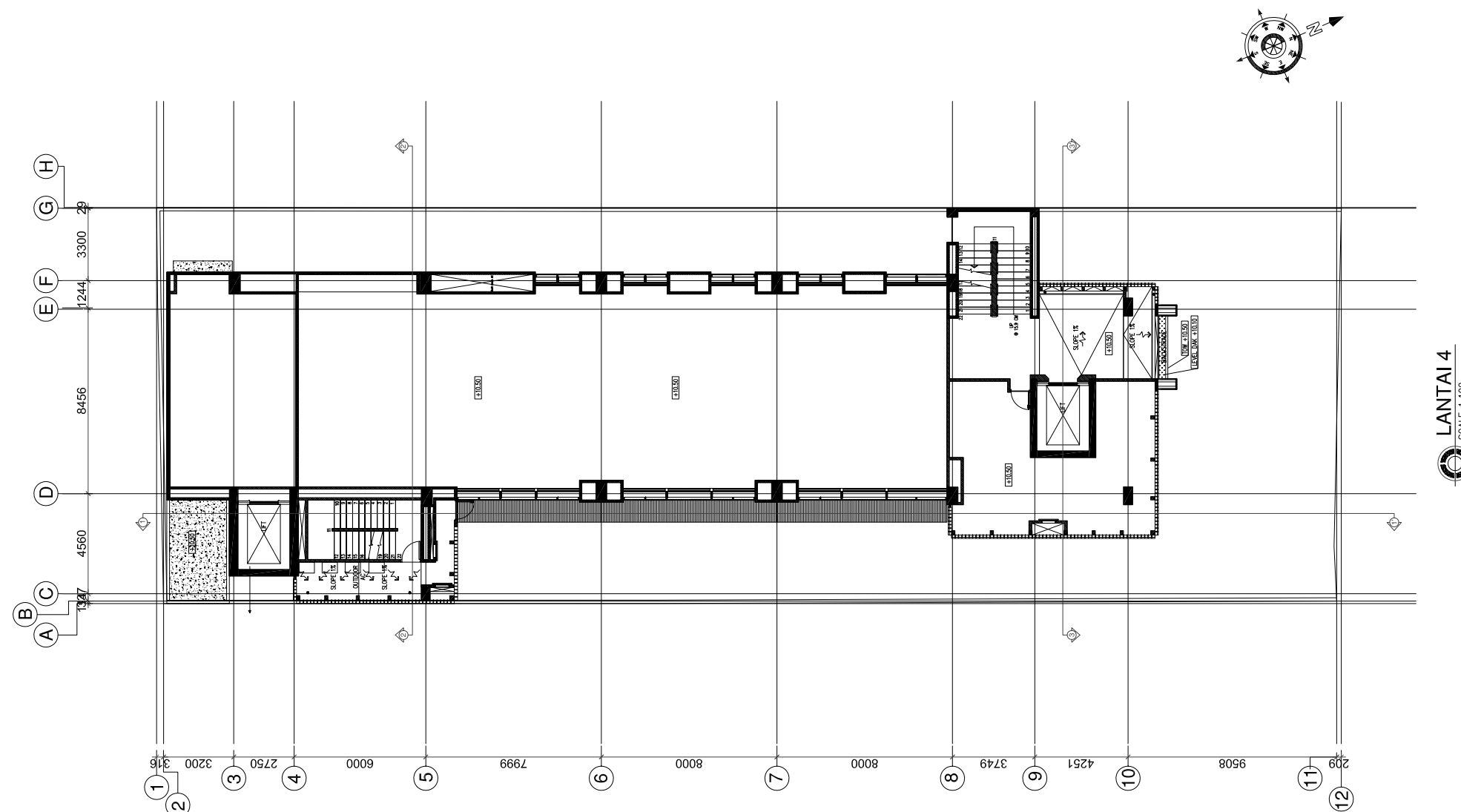
1 : 100

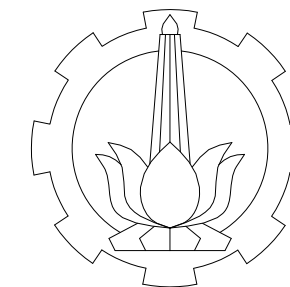
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

04

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 5 (+14,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

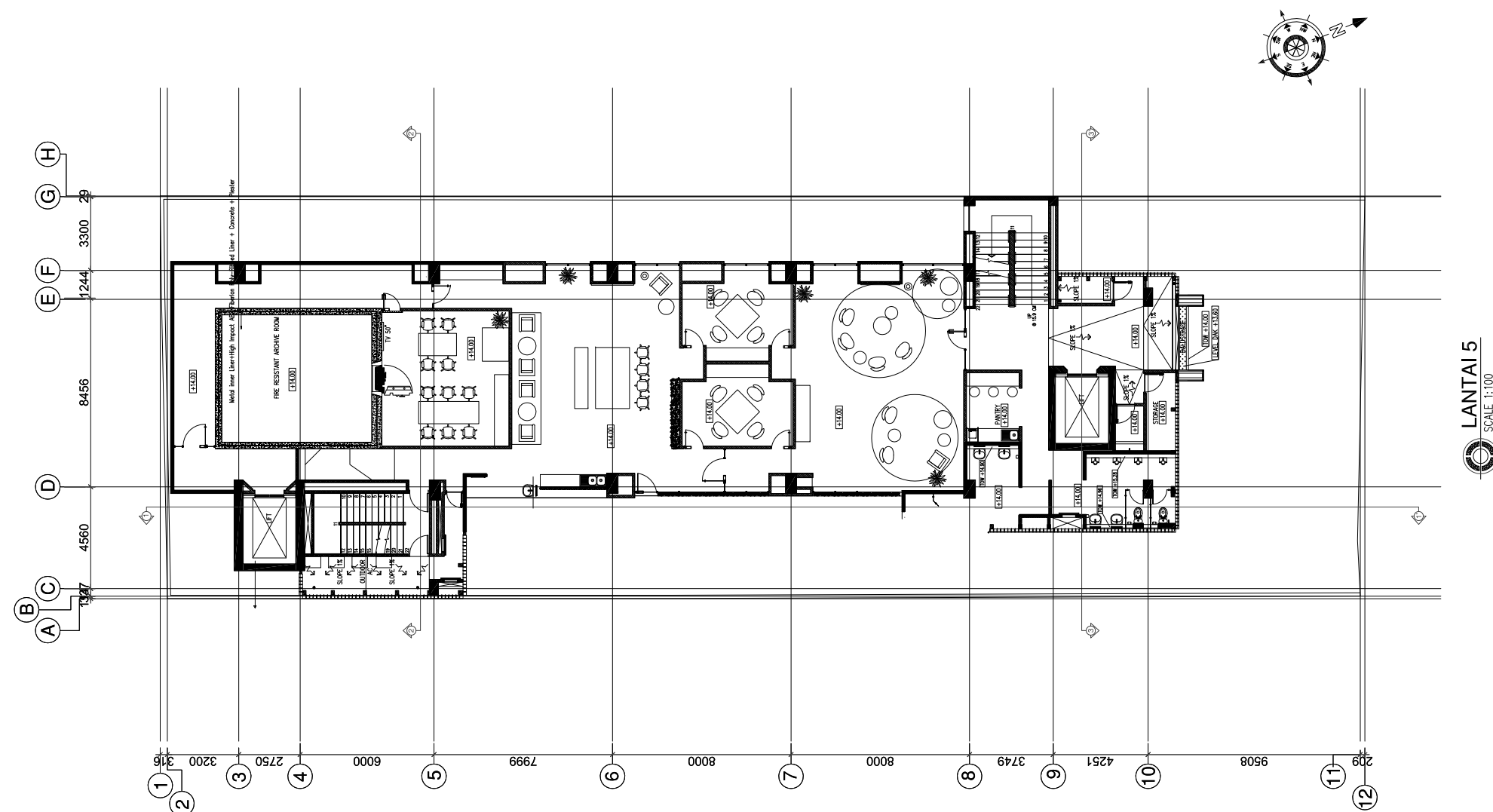
1 : 100

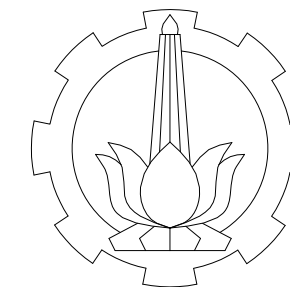
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

05

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 6 (+17,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

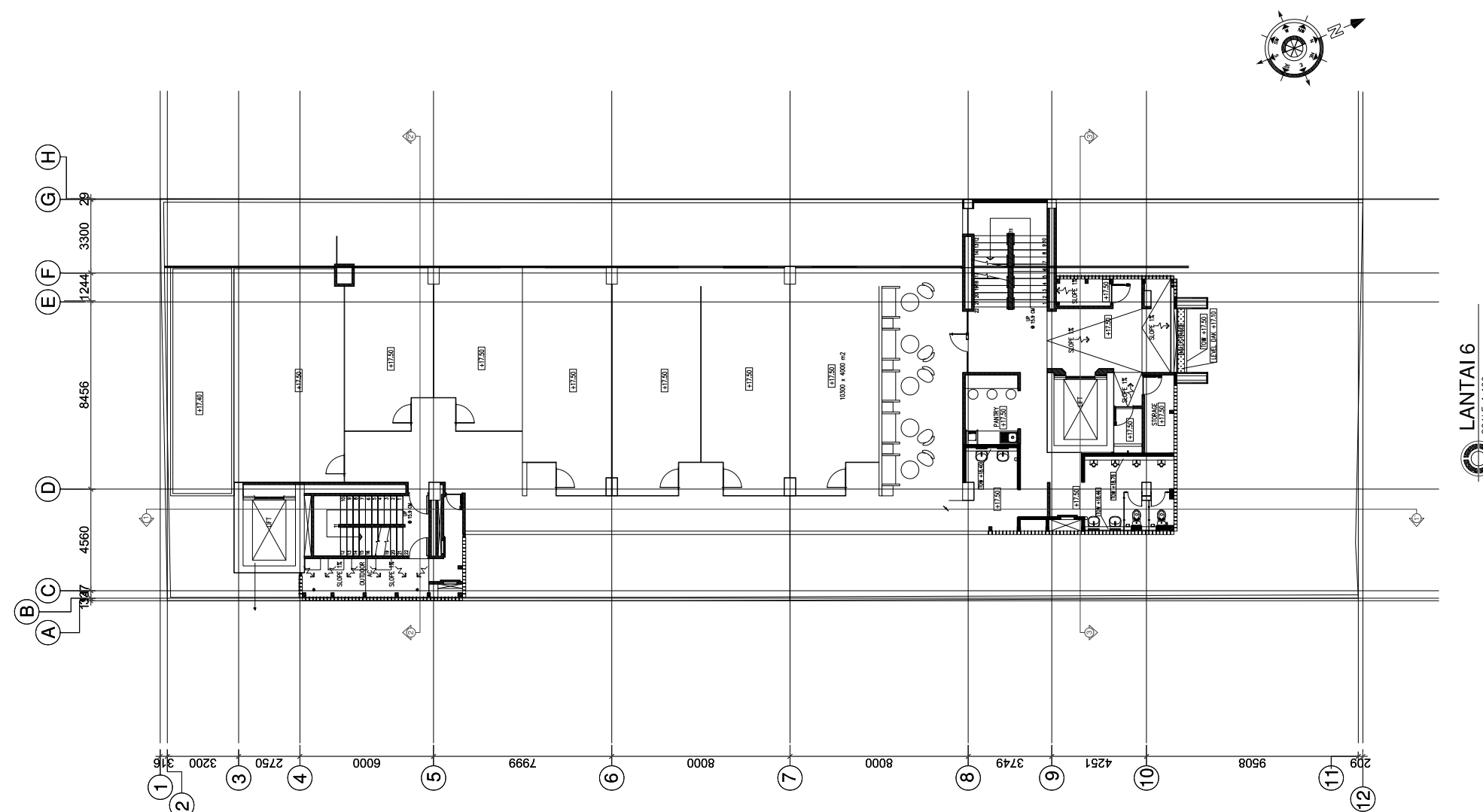
1 : 100

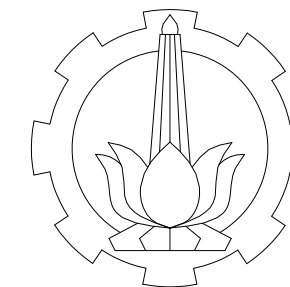
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

06

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 7 (+21,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

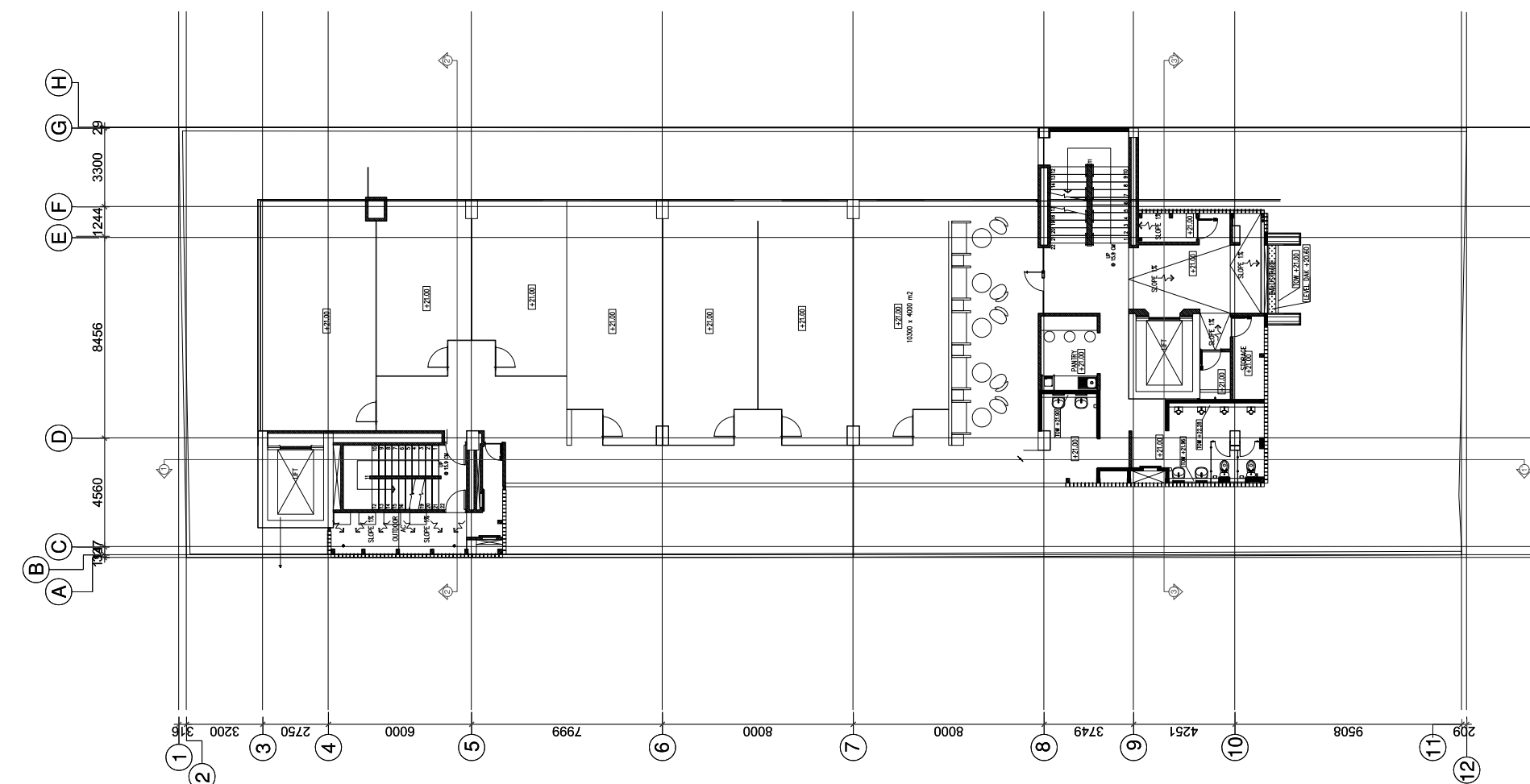
1 : 100

NOMER GAMBAR

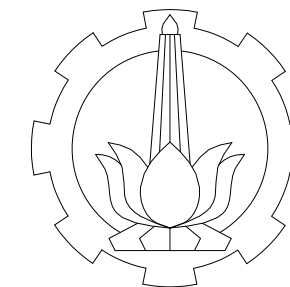
JUMLAH GAMBAR

07

65



LANTAI 7
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 8 (+24,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

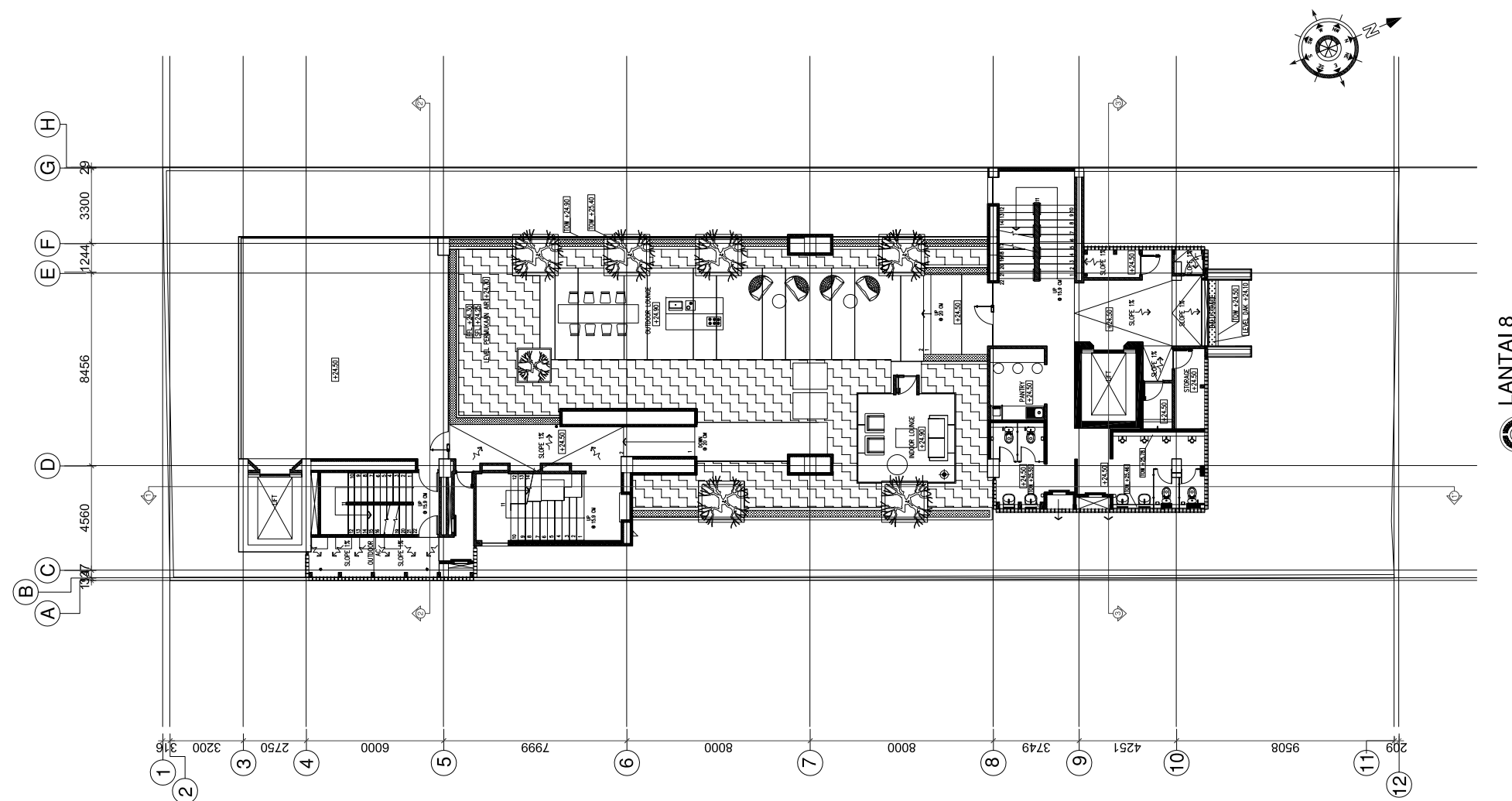
1 : 100

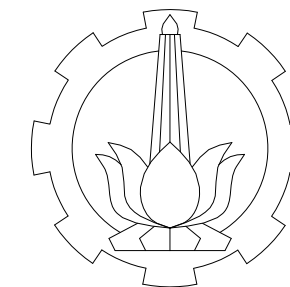
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

08

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 9 (+28,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

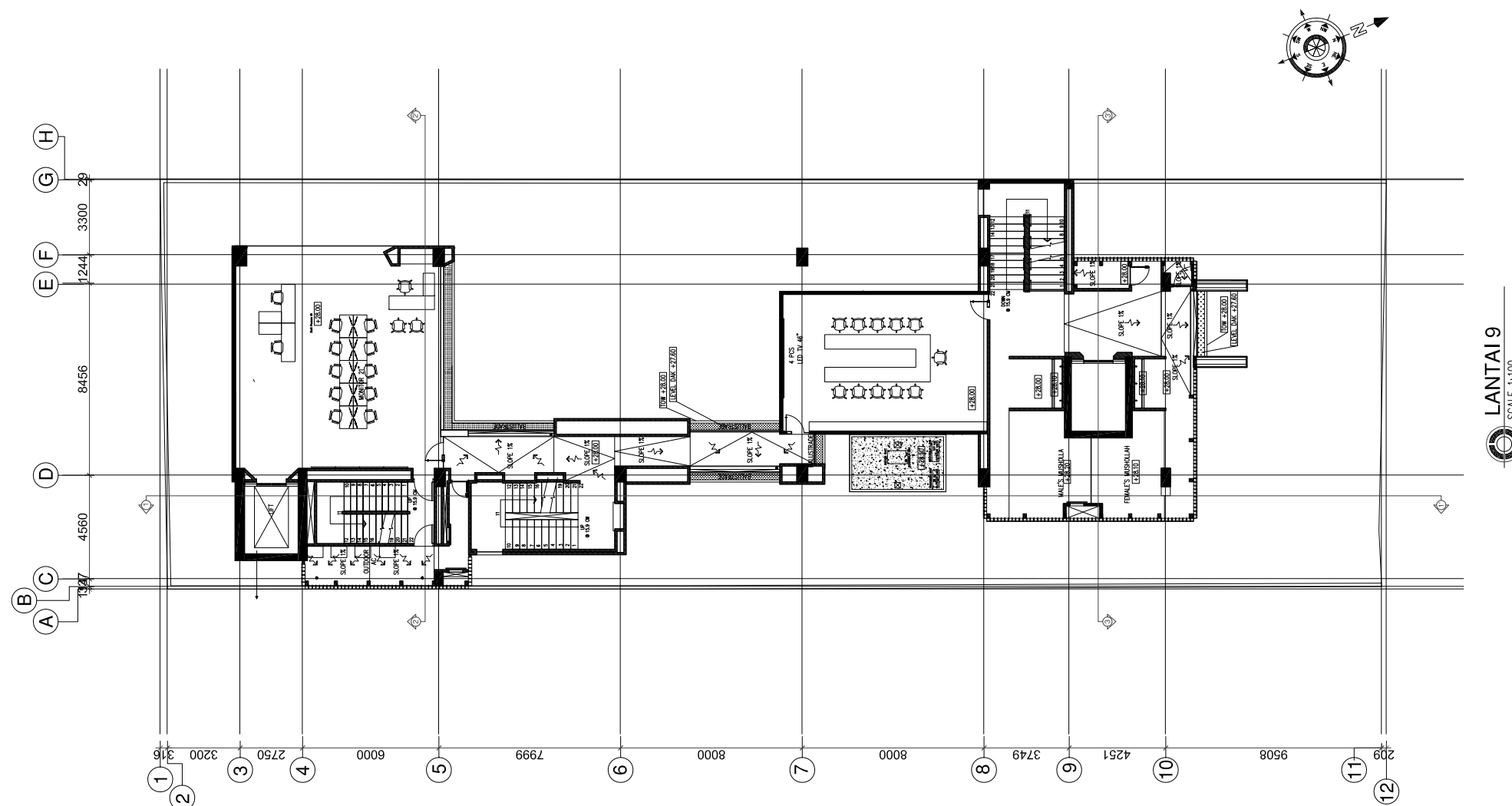
1 : 100

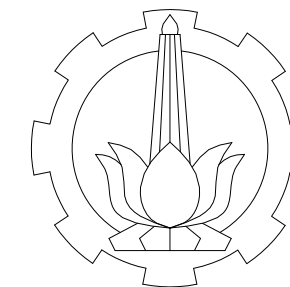
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

09

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 10 (+31.5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

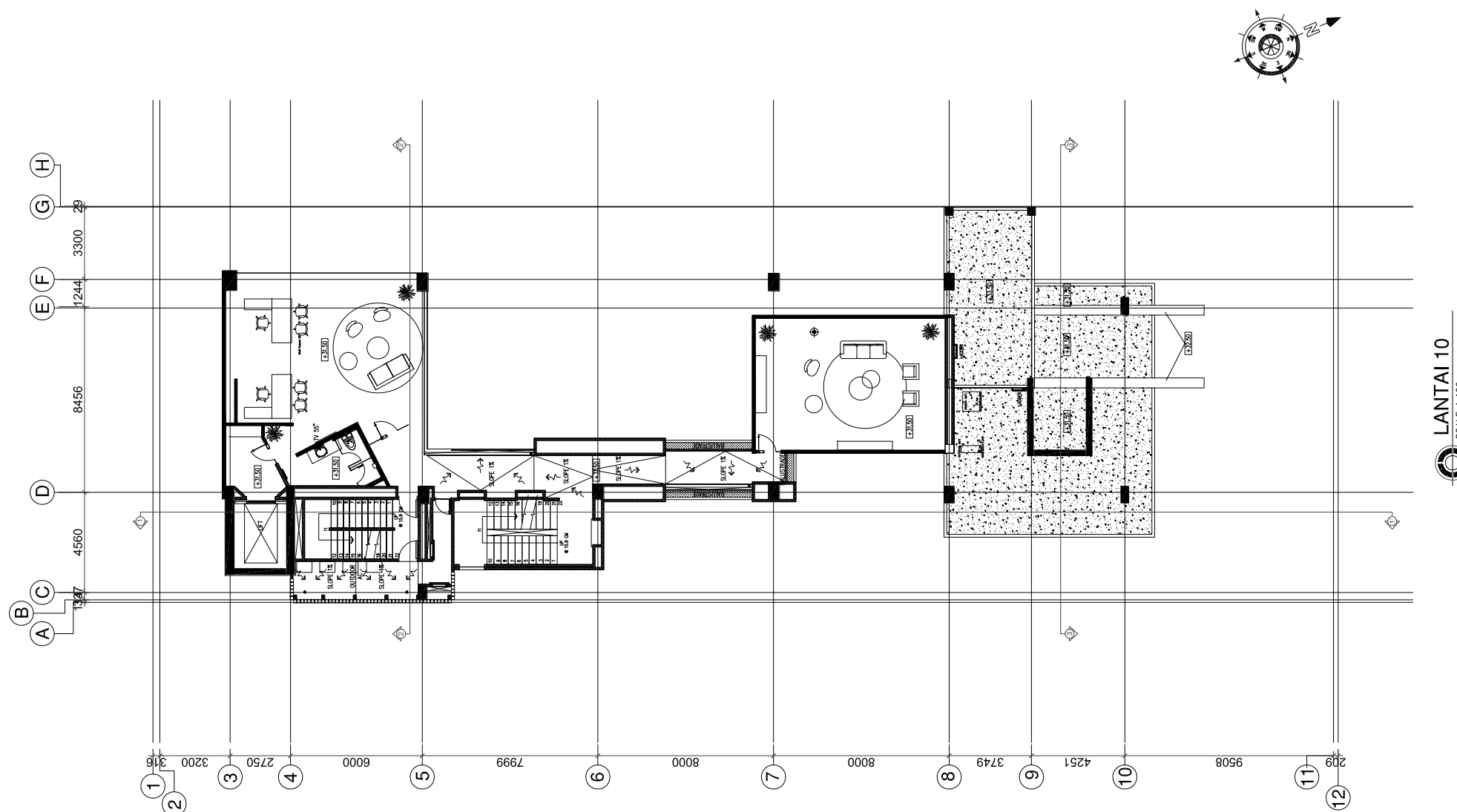
1 : 100

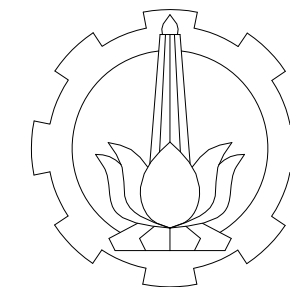
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

10

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 11 (+38,0)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

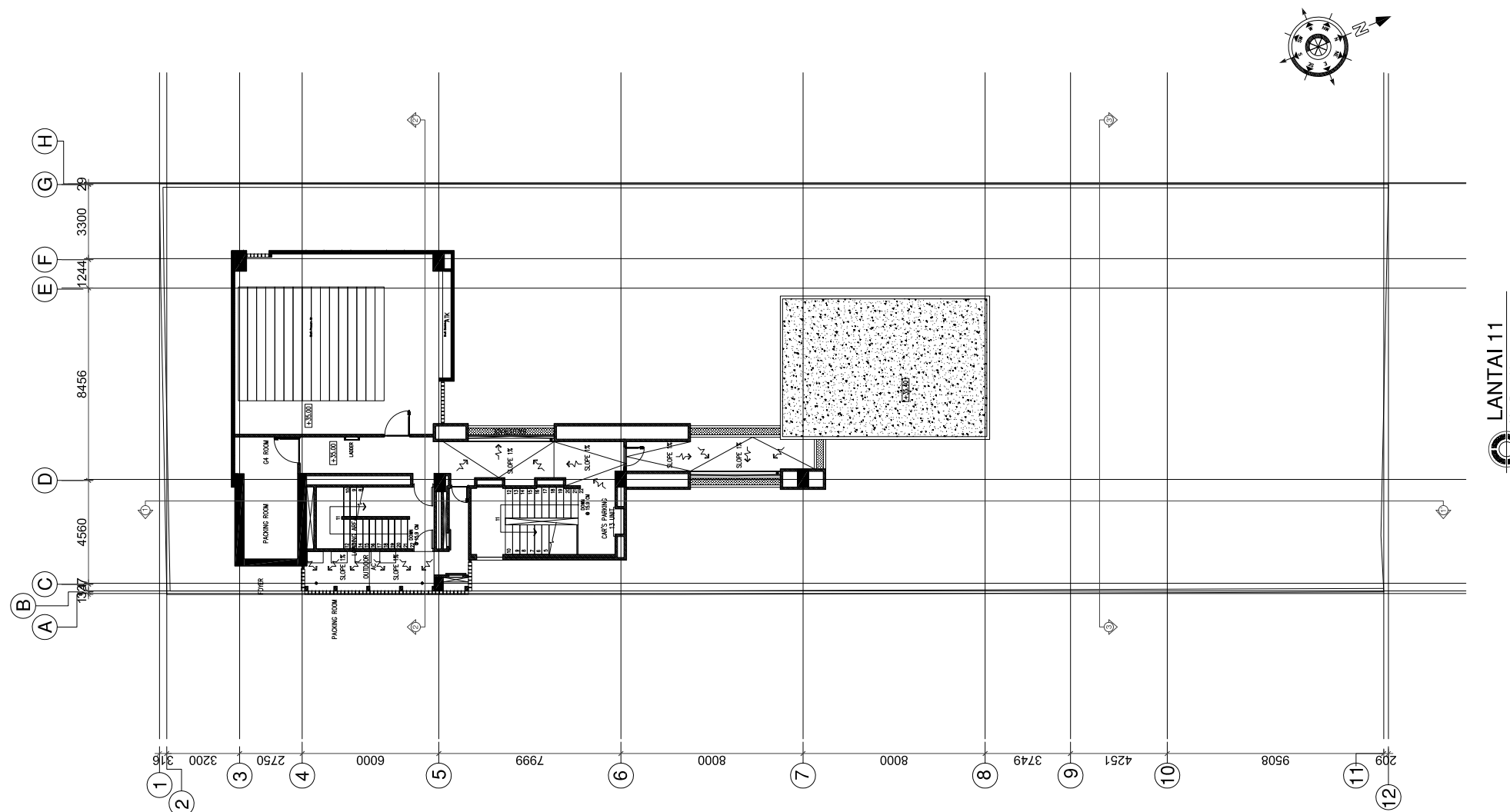
1 : 100

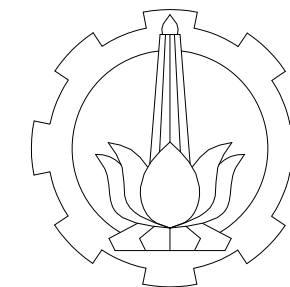
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

11

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI 12 (+38,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

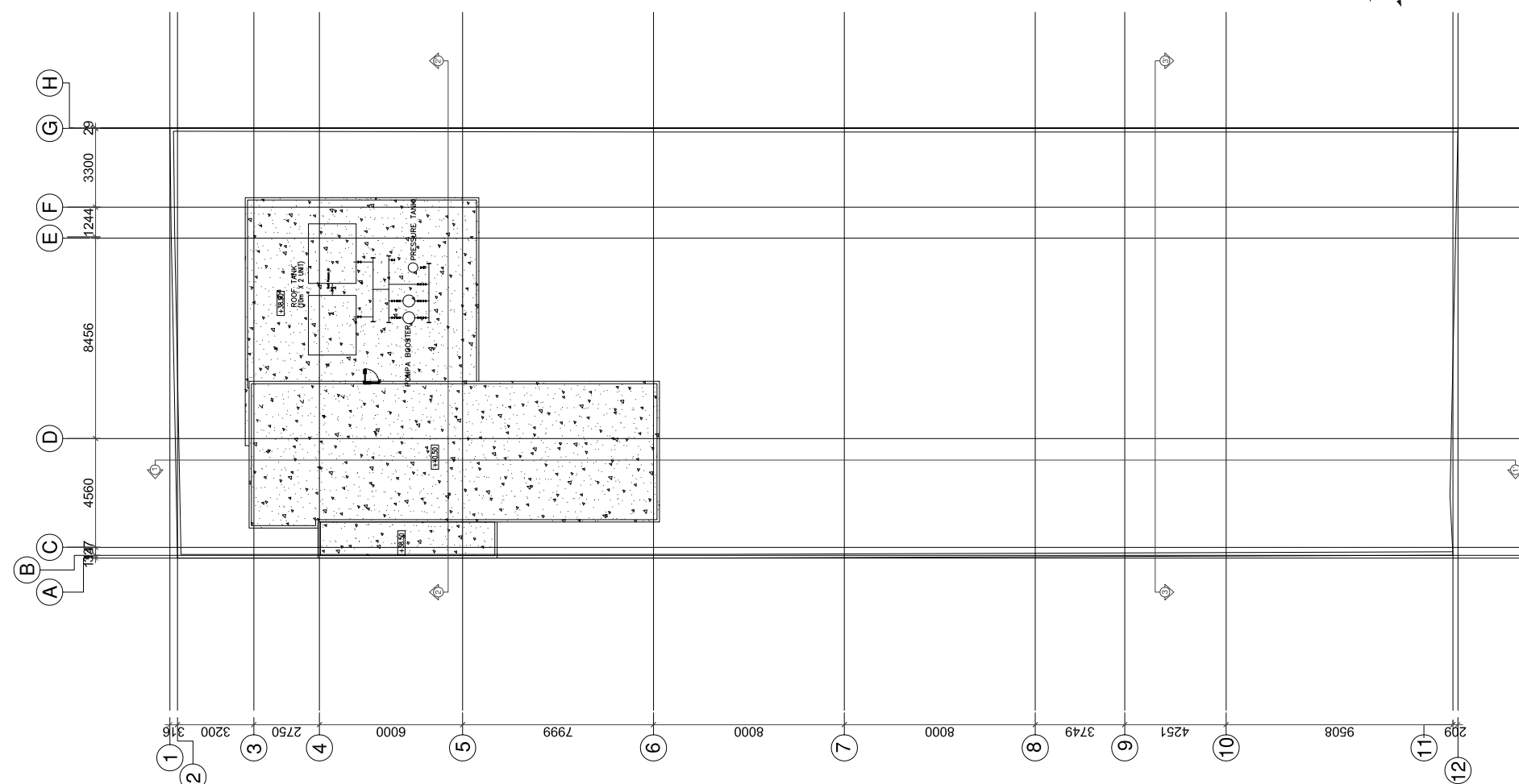
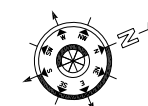
1 : 100

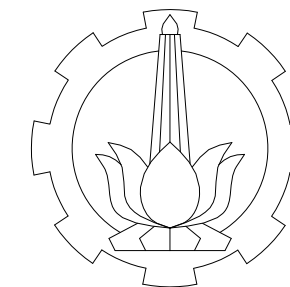
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

12

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH LANTAI ATAP (+40,5)

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

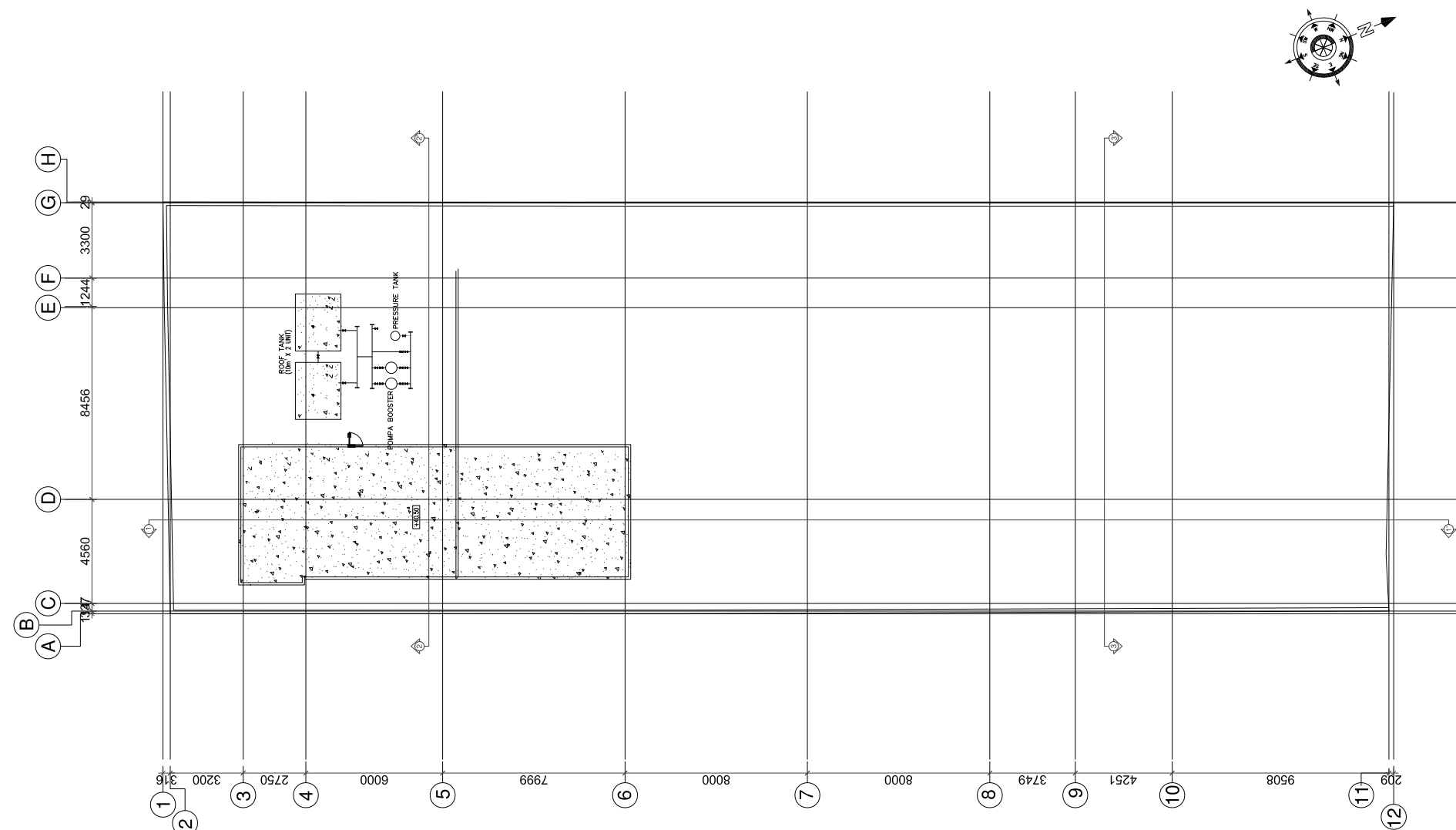
1 : 100

NOMER GAMBAR

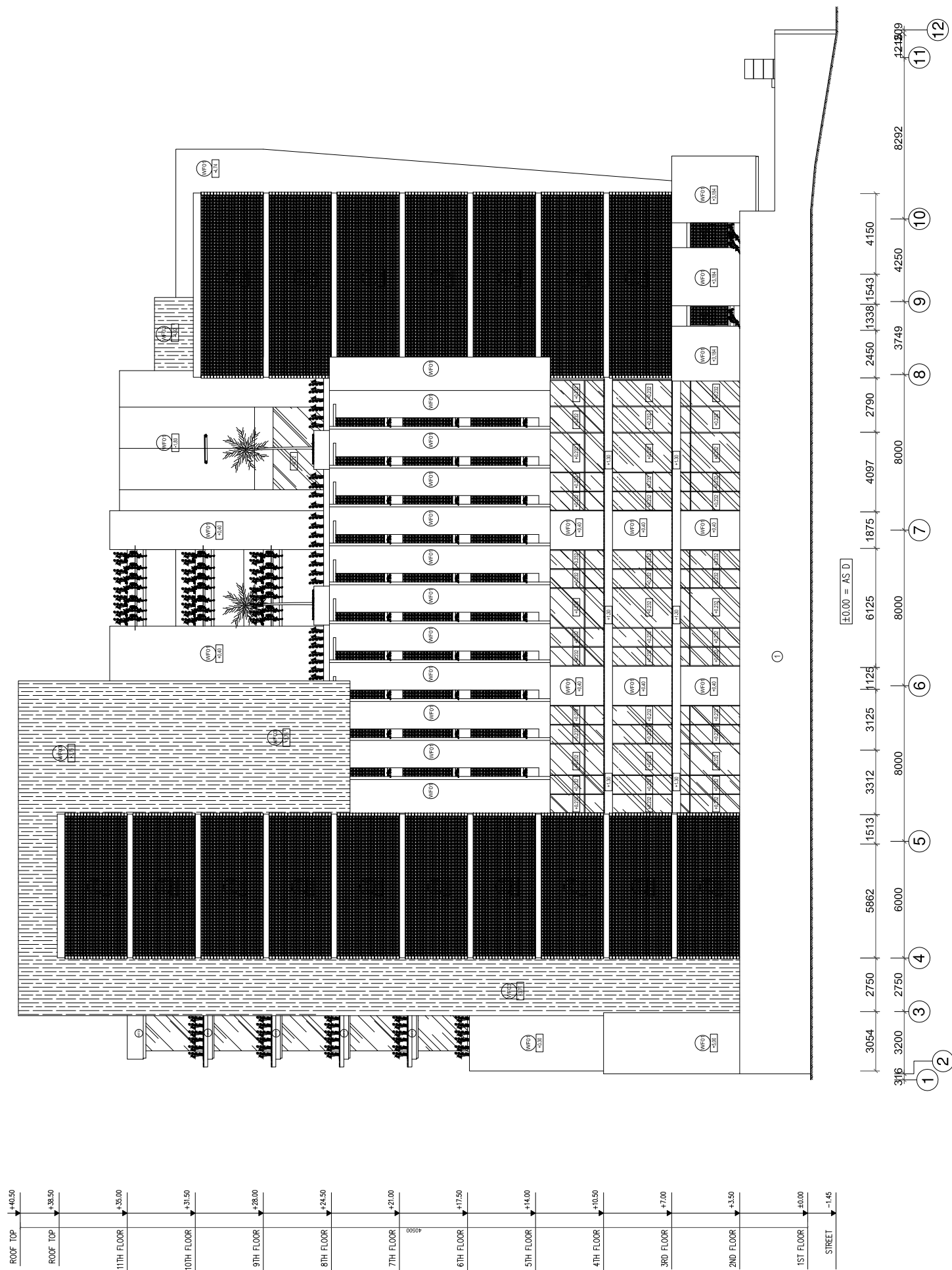
JUMLAH GAMBAR

13

65

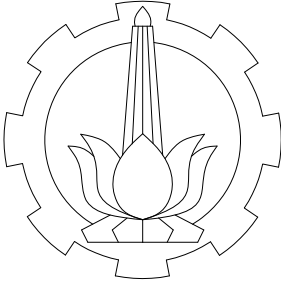


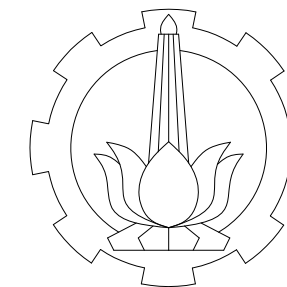
LANTAI ATAP
SCALE 1:100



BARAT LAUT
SCALE 1:100

- (WPS) : JERSELED WIRE EX. JUTAN, JERSELED PRIMER EX. JUTAN
- (WPS-1) : ROSTER TERAKOTA 15cmx15cm FRESH PROPAN
- (WPS-2) : STONE CARE SC-98 SB (DOPF) EX. PROPAN
- (WPS-3) : JERSELED TEP. 50VA MW. 110E EX. JUTAN WITH VERTICAL
- (WPS-4) : JERSELED TEP. 50VA MW. 110E EX. JUTAN WITH VERTICAL
- (WPS-5) : MAJESTIC PRIMER EX. JUTAN
- (WPS-6) : MAJESTIC PRIMER EX. JUTAN

 <p>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL</p>	
JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN	
<p>PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG PERKANTORAN 12 LANTAI DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA BERDASARKAN DATA USGS</p>	
DOSEN PEMBIMBING	
<p>Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S NIP. 19590209.198603.1.002</p>	
NAMA MAHASISWA	
<p>Avita Nurul Hidayati NRP. 10111510000042</p>	
KETERANGAN	
<p>FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR KONDISI TANAH : TANAH LUNAK FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa MUTU BAJA : 500 Mpa</p>	
KETERANGAN	
TAMPAK BARAT LAUT	
KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1 : 100
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
14	65



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

TAMPAK BARAT DAYA

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

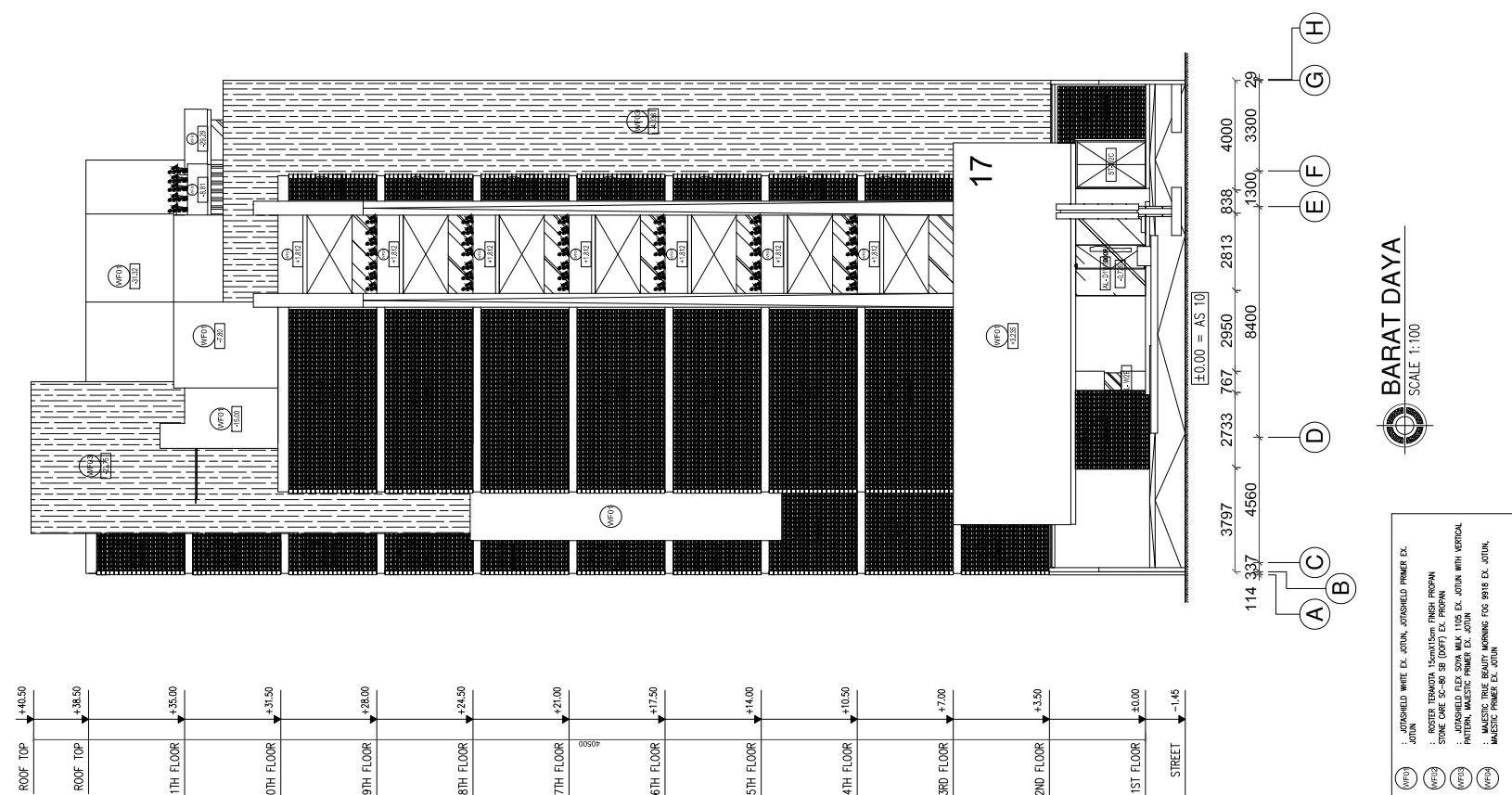
1 : 100

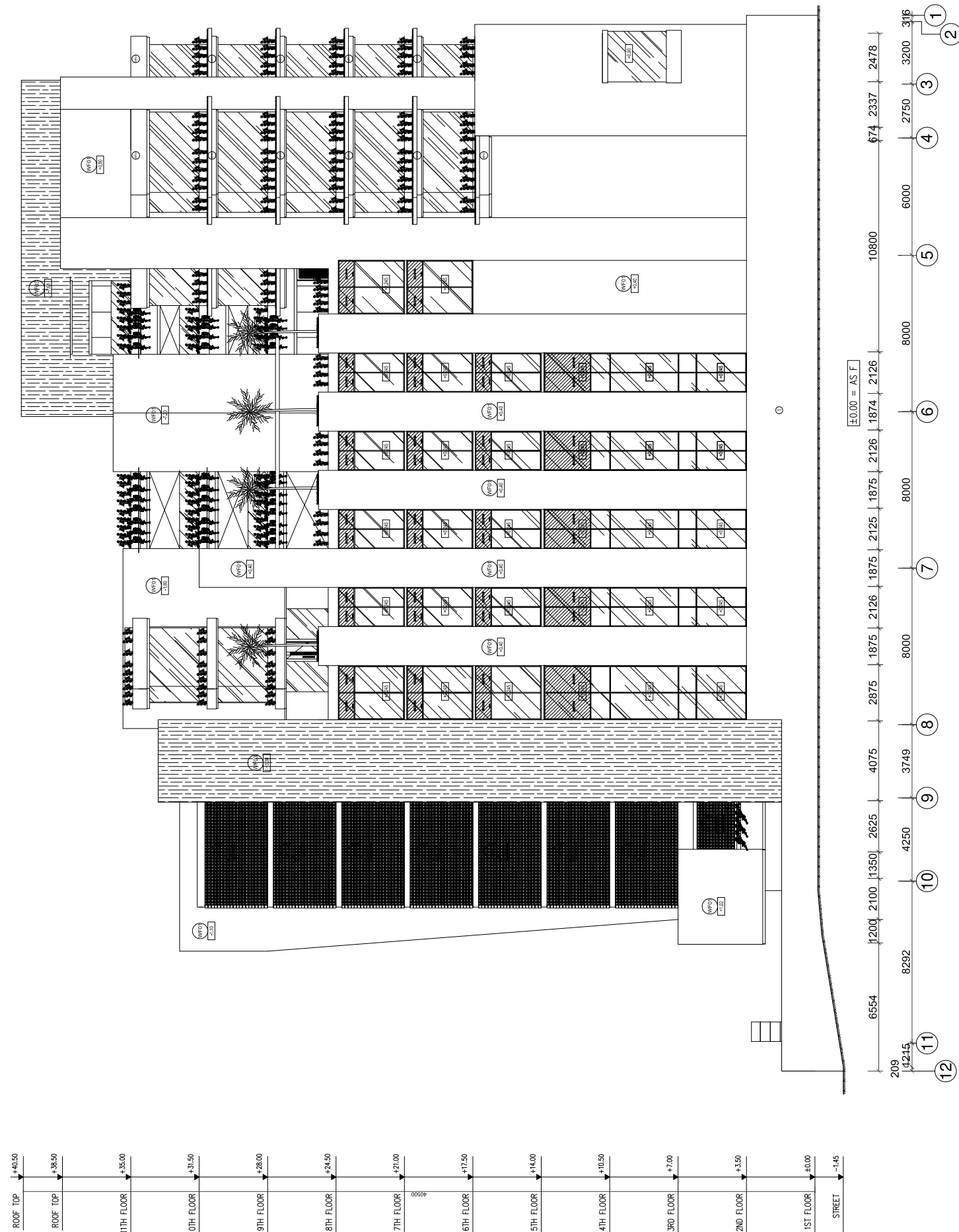
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

15

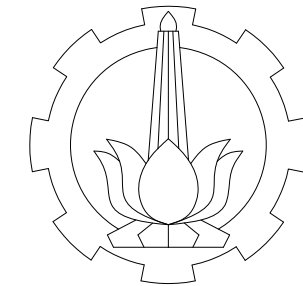
65





TENGGARA
SCALE 1:100

(1) JOSHIED WHITE EX. JUTAN, JOSHIED PRIMER EX. JUTAN
 (2) BOSTER TERAKOTA 15cmx15cm FINISH PROGRAM STONE CARE SC-86 SR (DOP) EX. PROPAN
 (3) JOSHIED ALEX SYAM MUK 1105 EX. JUTAN WITH VERTICAL PATTERN, INKASTIC PRIMER EX. JUTAN
 (4) MASTIC TERAKOTA MURNING 100 9918 EX. JUTAN, MASTIC TERAKOTA EX. JUTAN



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

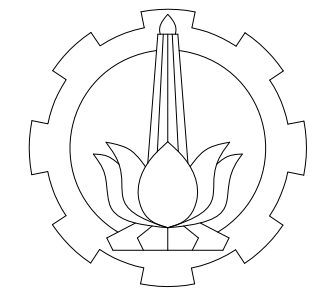
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

TENGGARA

KODE GAMBAR	SKALA
ARS	1 : 100
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
16	65



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

TAMPAK TIMUR LAUT

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

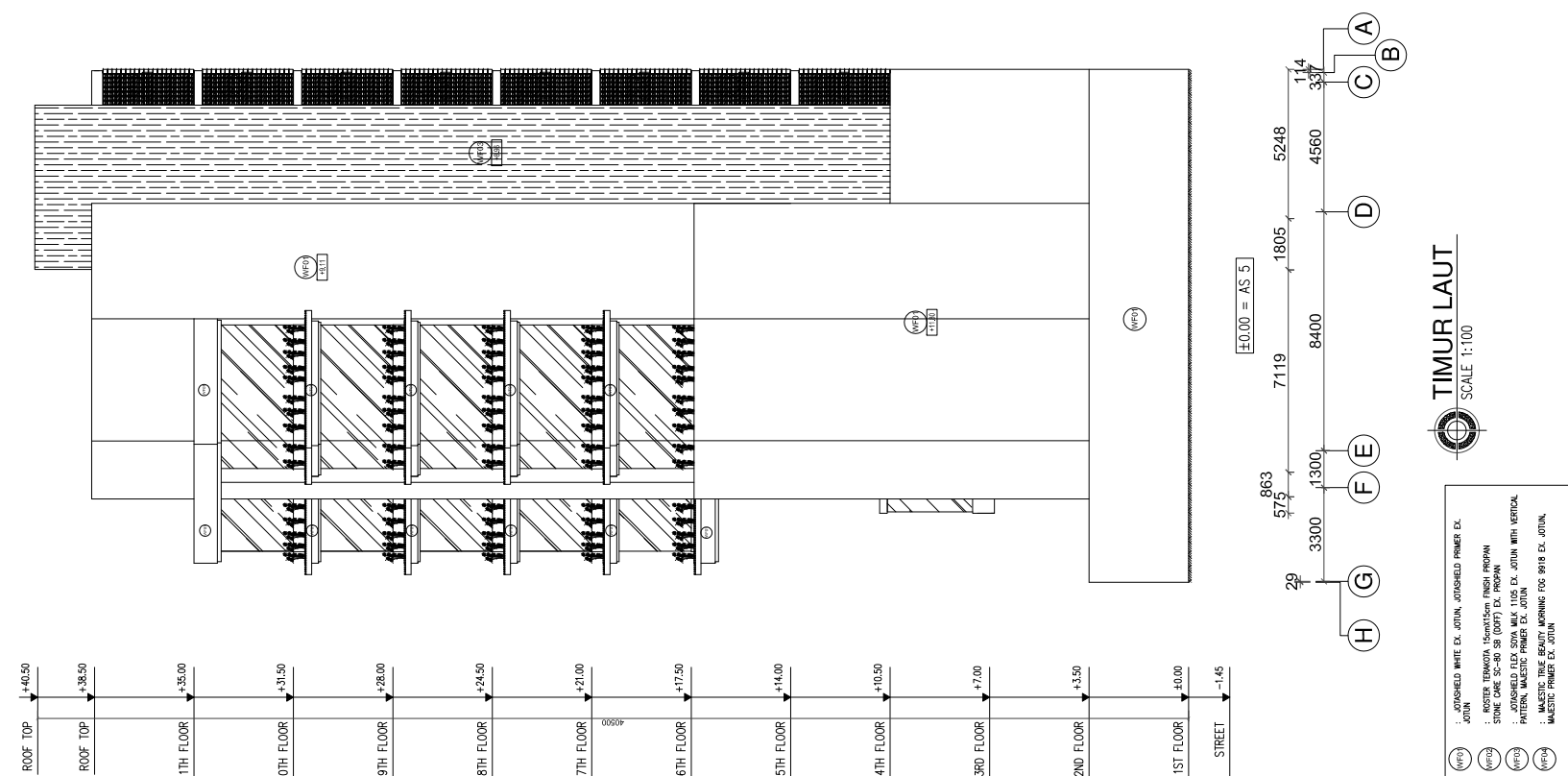
1 : 100

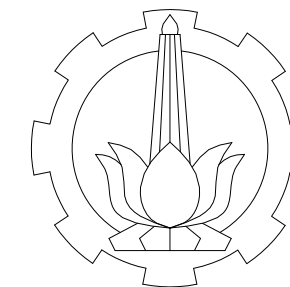
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

17

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

POTONGAN 1-1'

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

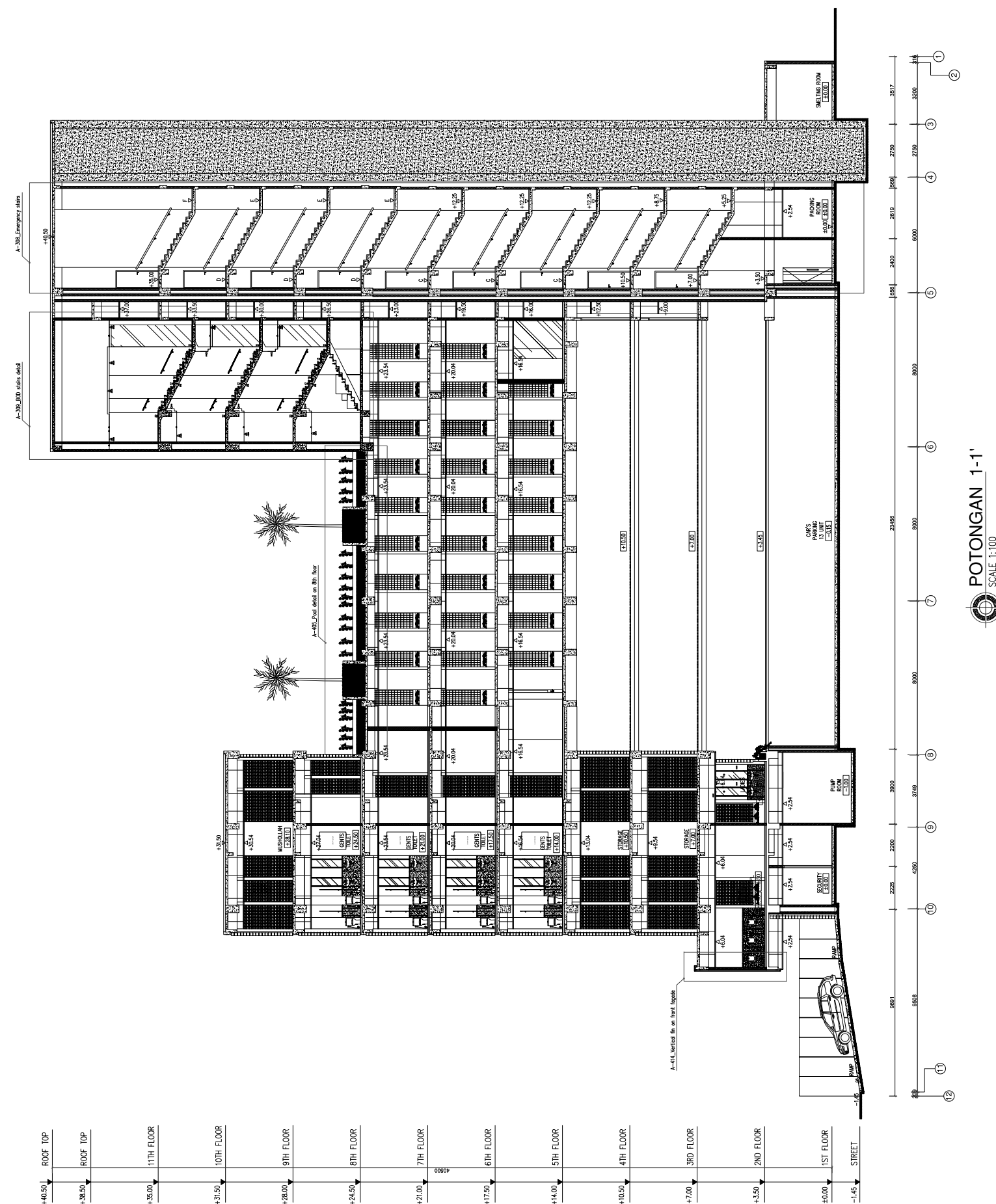
1 : 100

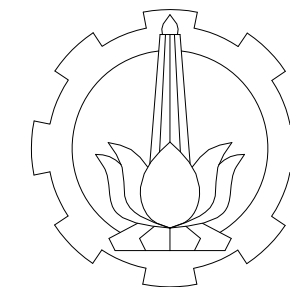
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

18

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

POTONGAN 2-2'

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

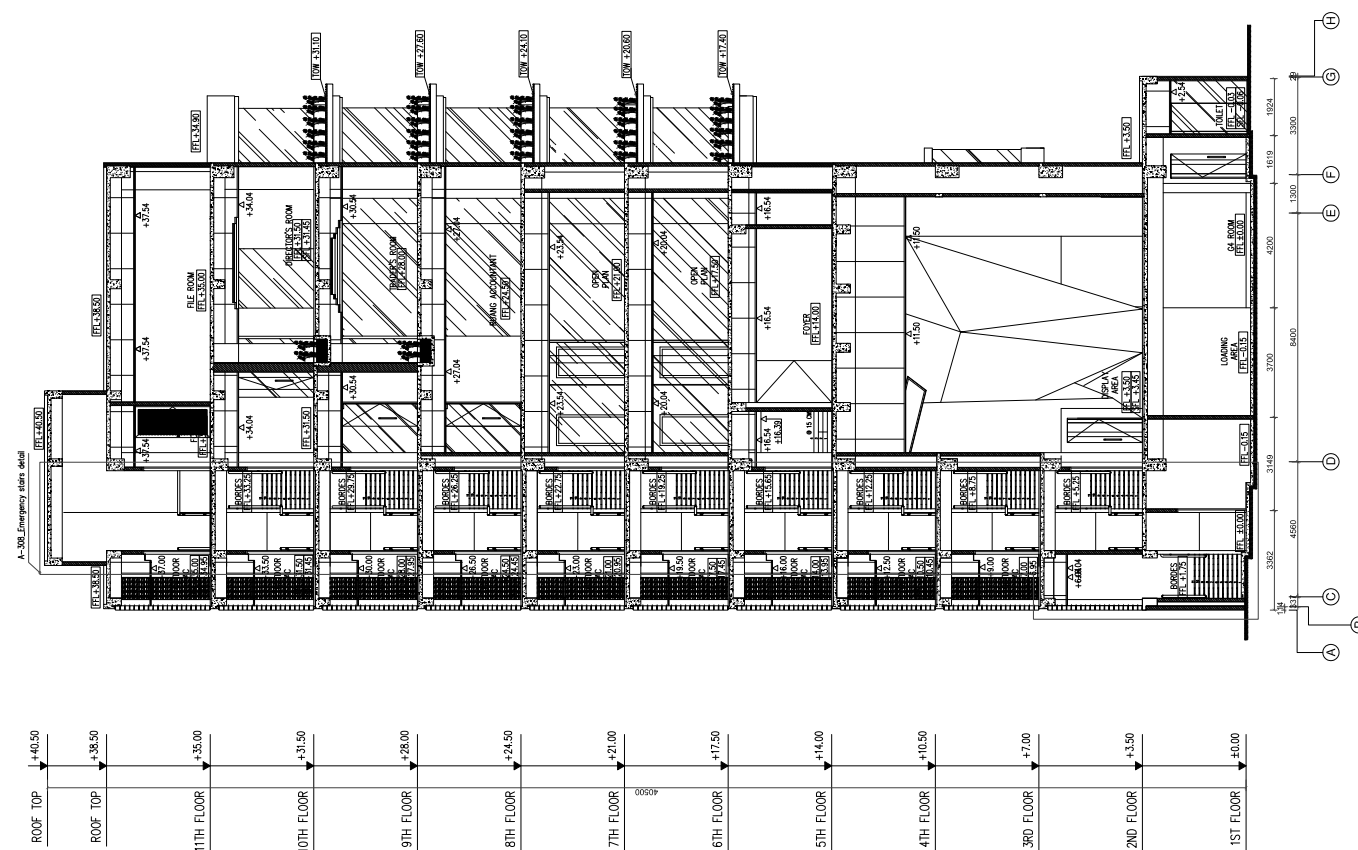
1 : 100

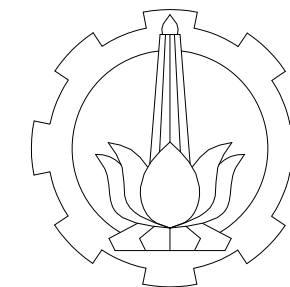
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

19

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

POTONGAN 3-3'

KODE GAMBAR

SKALA

ARS

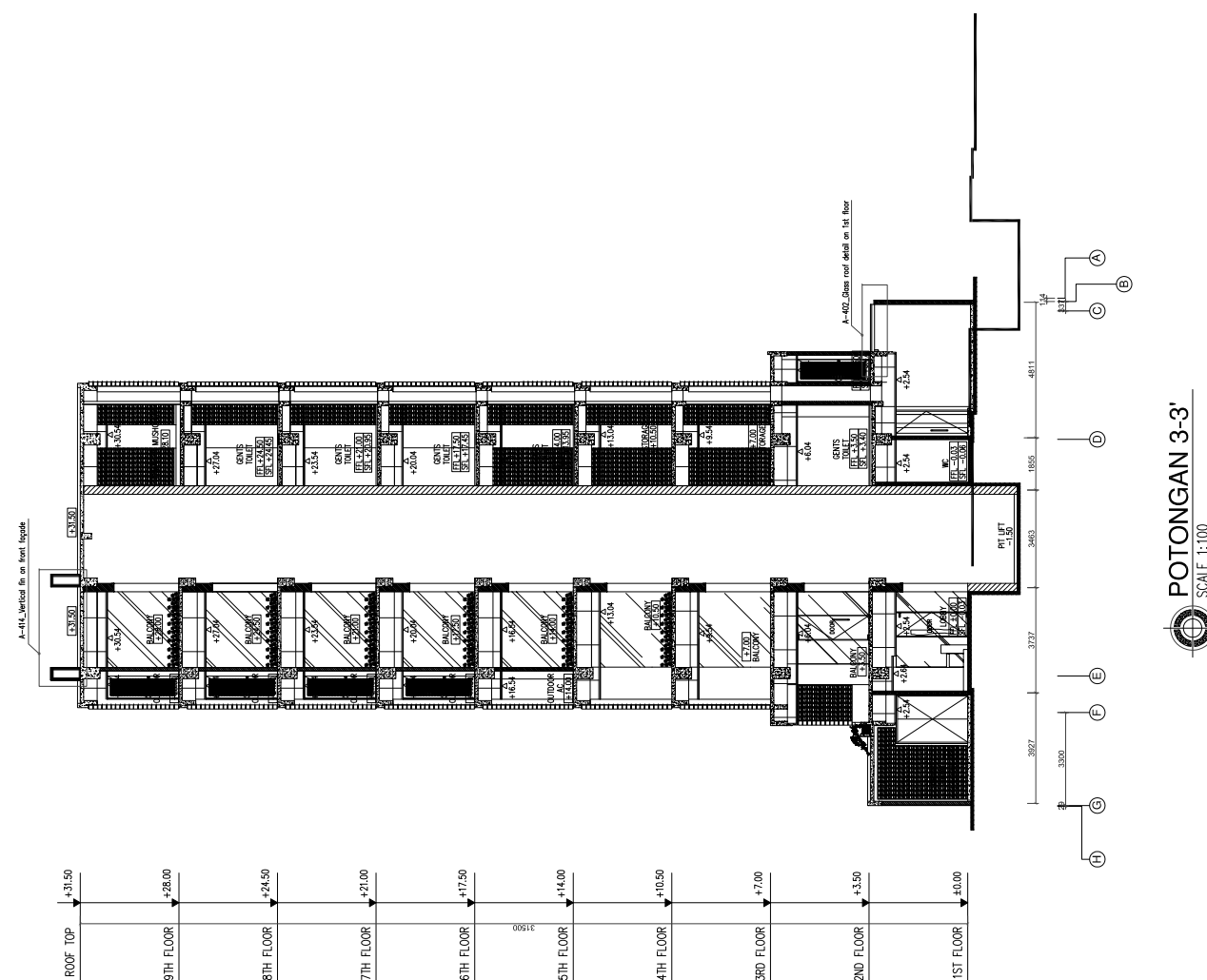
1 : 100

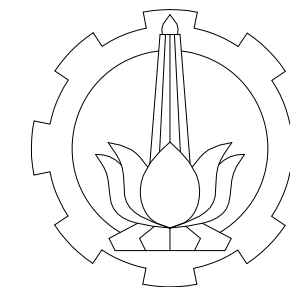
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

20

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

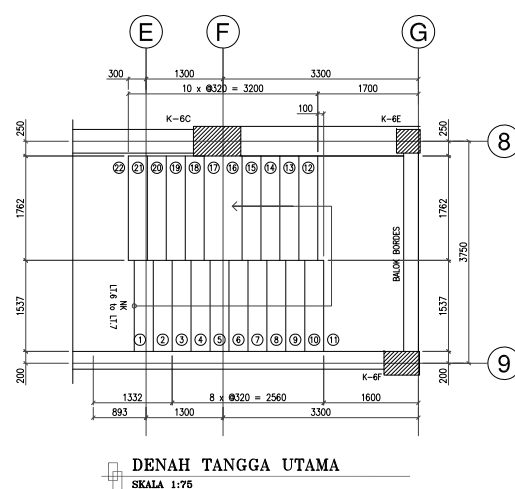
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

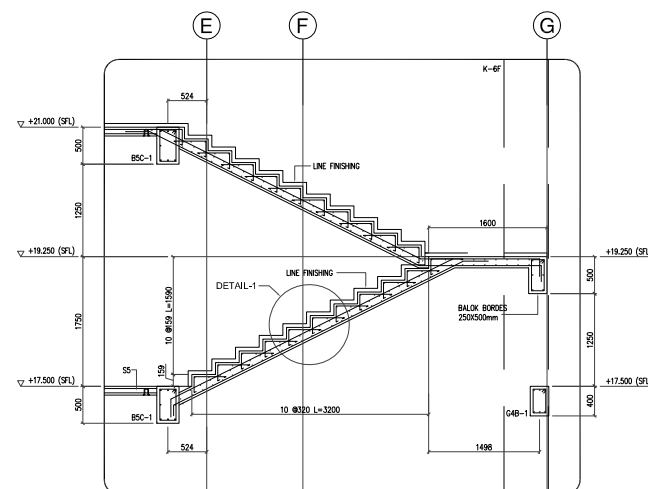
KETERANGAN

DETAIL TANGGA UTAMA

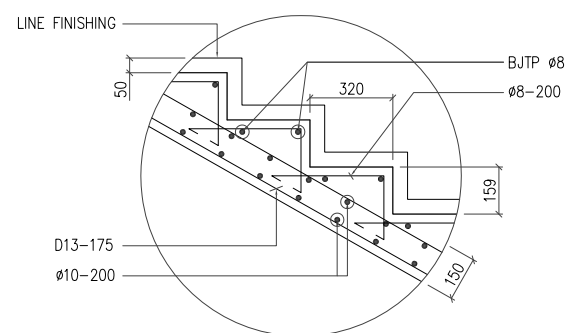
KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
21	65



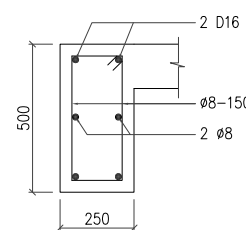
DENAH TANGGA UTAMA
 SKALA 1:75



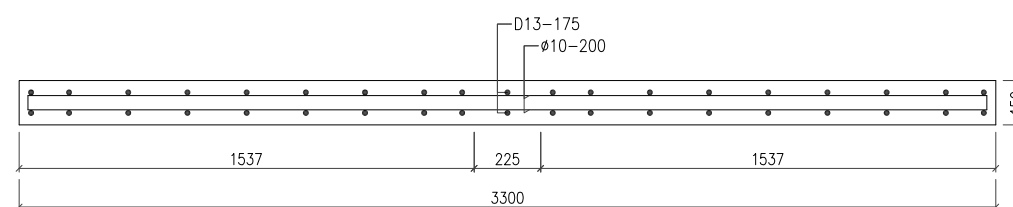
DETAIL TANGGA UTAMA
 SKALA 1:50



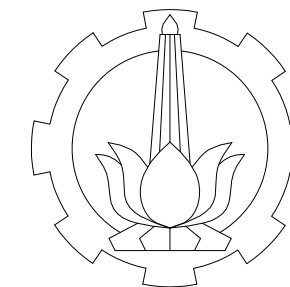
DETAIL-1
 SKALA 1:25



DETAIL BALOK BORDES
 SKALA 1:25



DETAIL BORDES
 SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

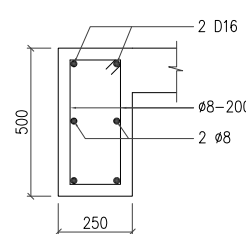
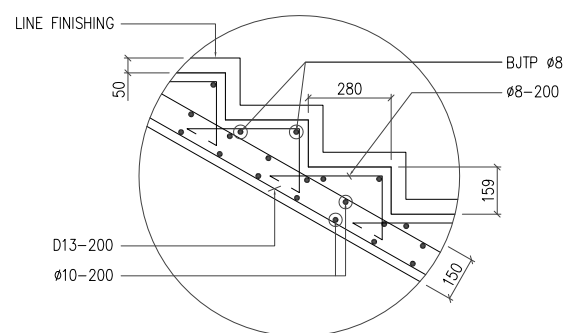
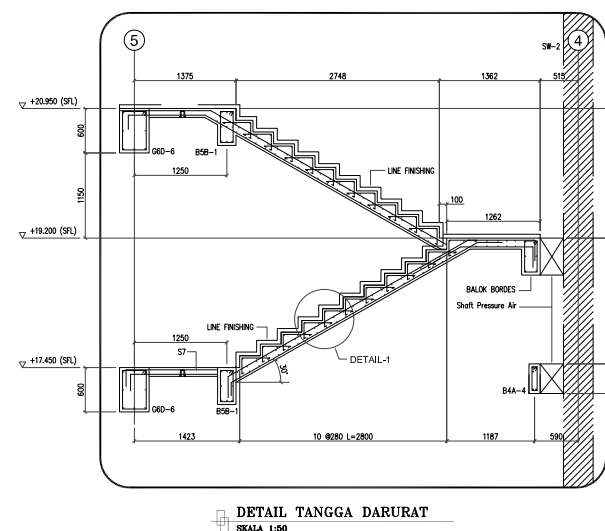
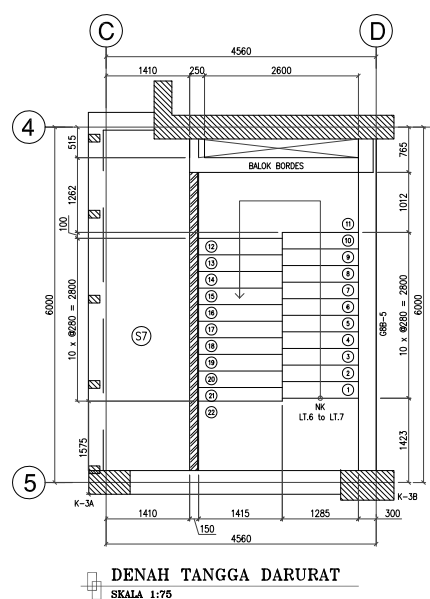
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

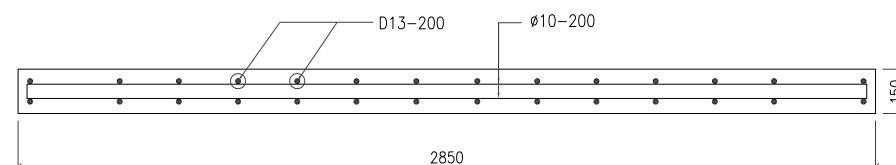
DETAIL TANGGA DARURAT

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
22	65

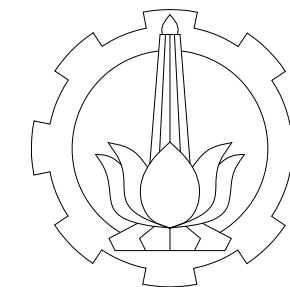


DETAIL-1
 SKALA 1:25

DETAIL BALOK BORDES
 SKALA 1:25



DETAIL BORDES
 SKALA 1:25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH PLAT LT.2-LT.4
(ELV +3,5 s/d +10,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

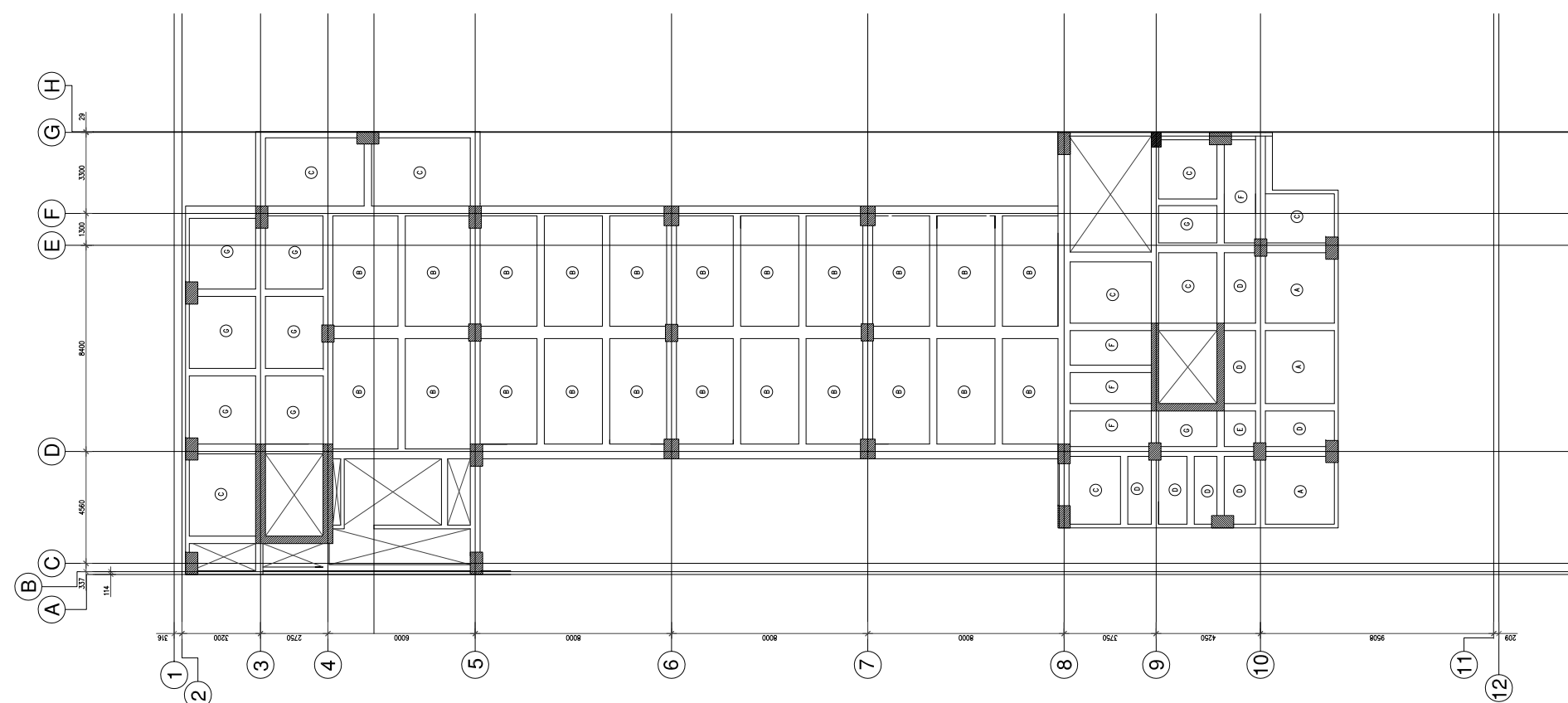
1 : 100

NOMER GAMBAR

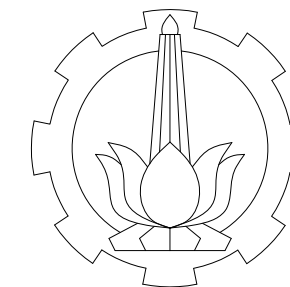
JUMLAH GAMBAR

23

65



DENAH PLAT LANTAI LT.2-LT.4
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH PLAT LT.5-LT.6
(ELV +14,0 s/d +17,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

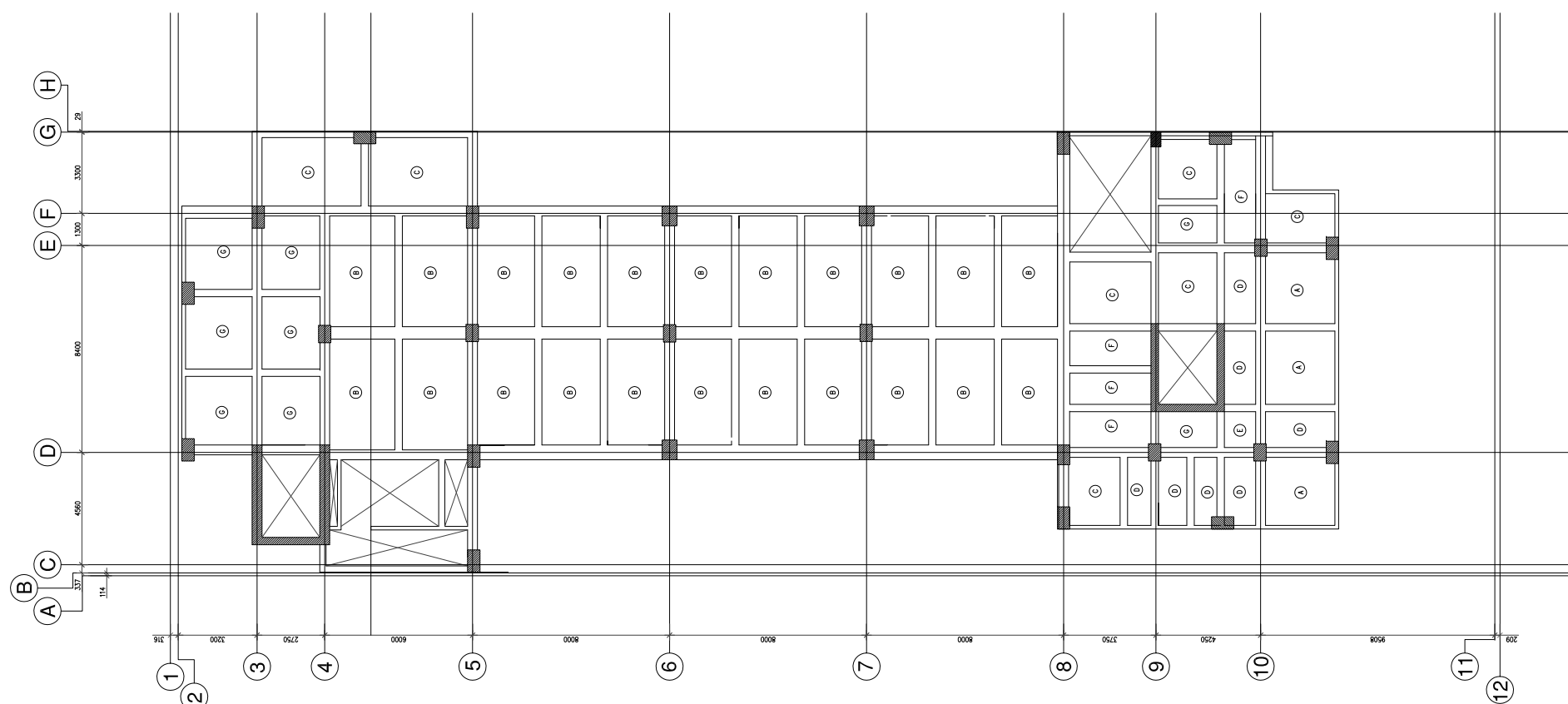
1 : 100

NOMER GAMBAR

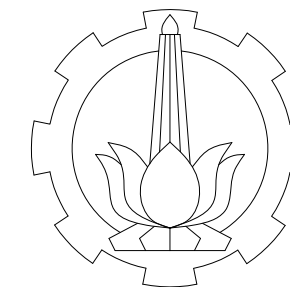
JUMLAH GAMBAR

24

65



DENAH PLAT LANTAI LT.5-LT.6
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH PLAT LT.7-LT.8
(ELV +21,0 s/d +24,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

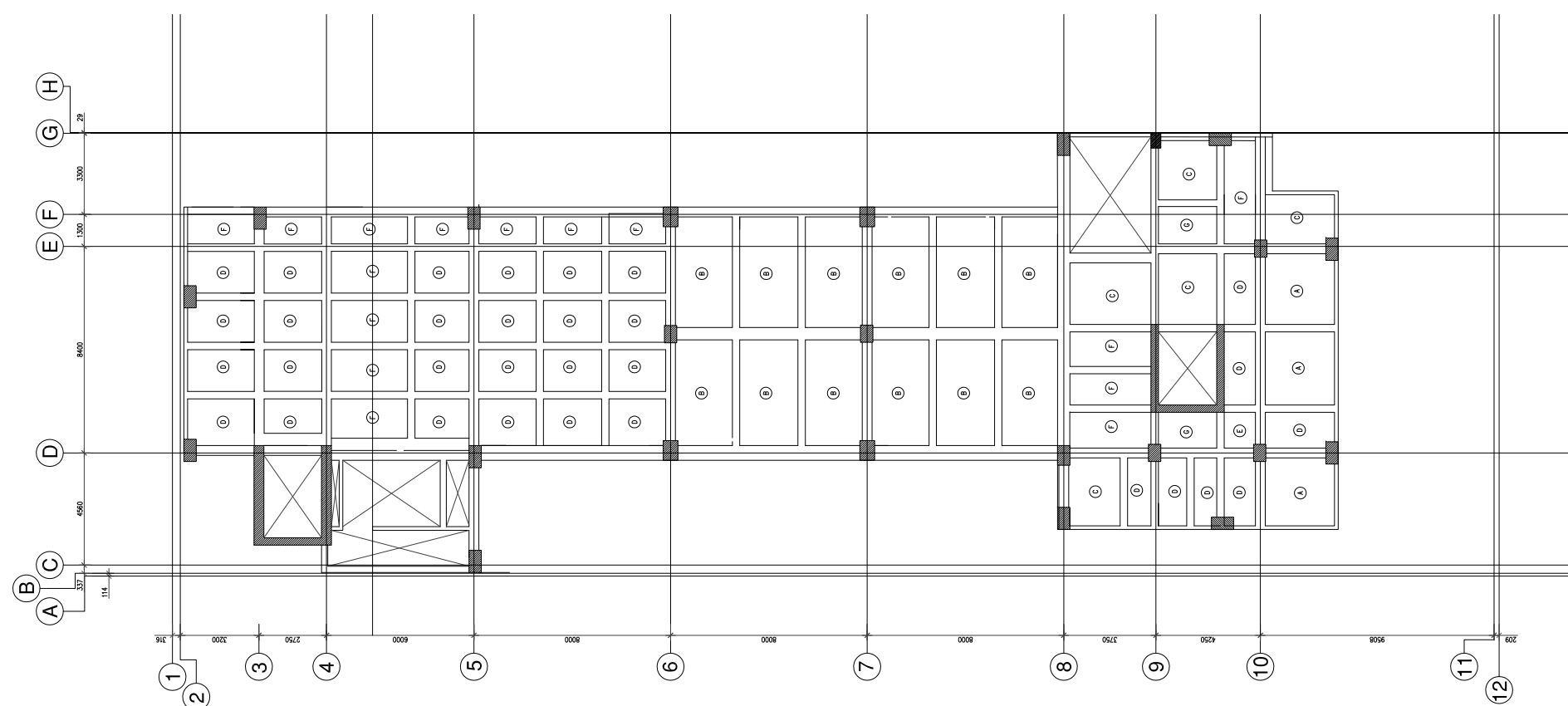
1 : 100

NOMER GAMBAR

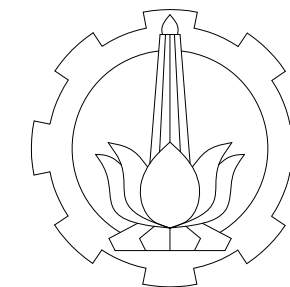
JUMLAH GAMBAR

25

65



DENAH PLAT LANTAI LT.7-LT.8
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH PLAT LT.9-LT.10
(ELV +28,0 s/d +31,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

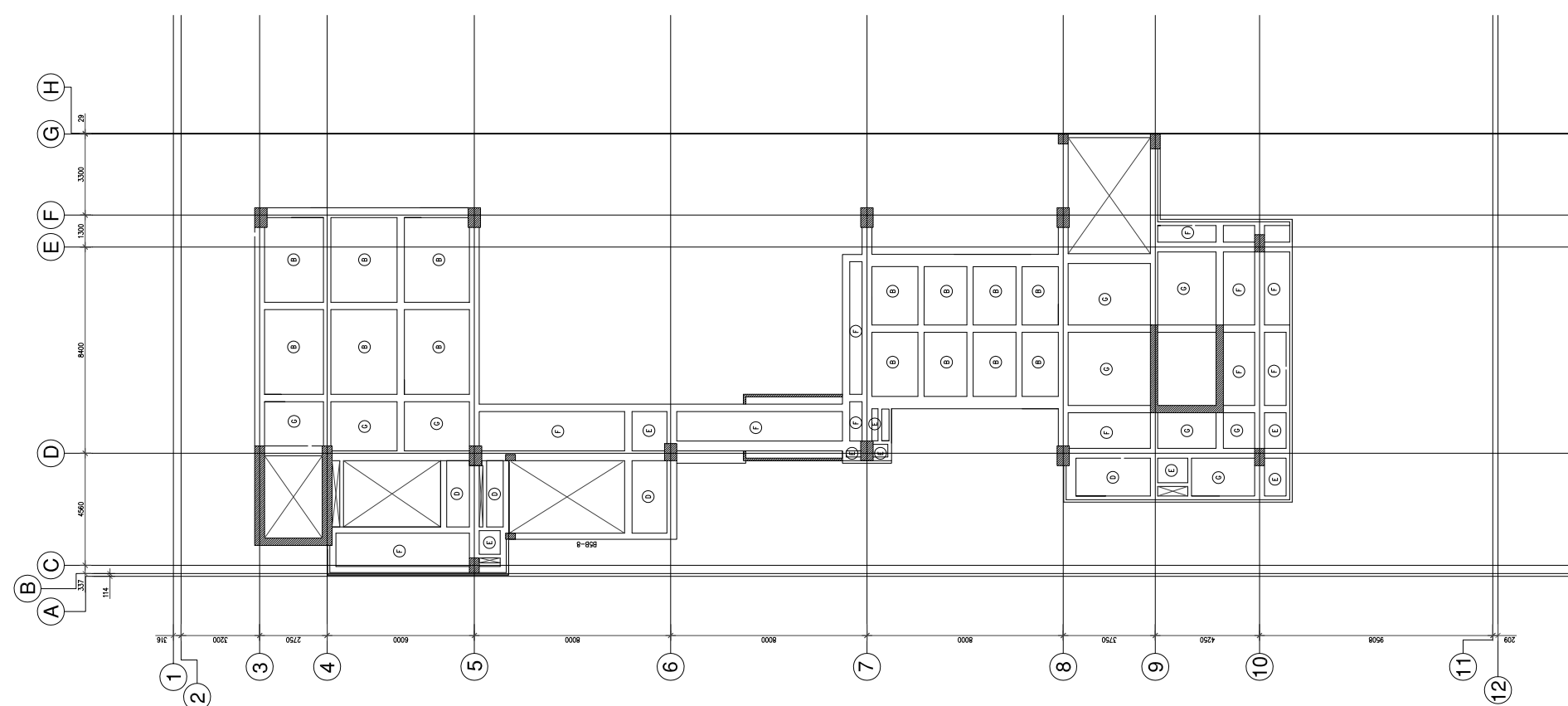
1 : 100

NOMER GAMBAR

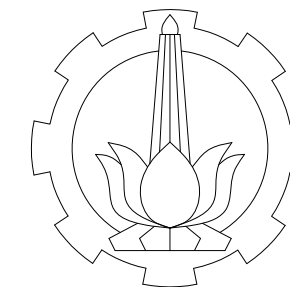
JUMLAH GAMBAR

26

65



DENAH PLAT LANTAI LT.9-LT.10
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH PLAT LT.11-LT.ATAP
(ELV +35,0 s/d +40,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

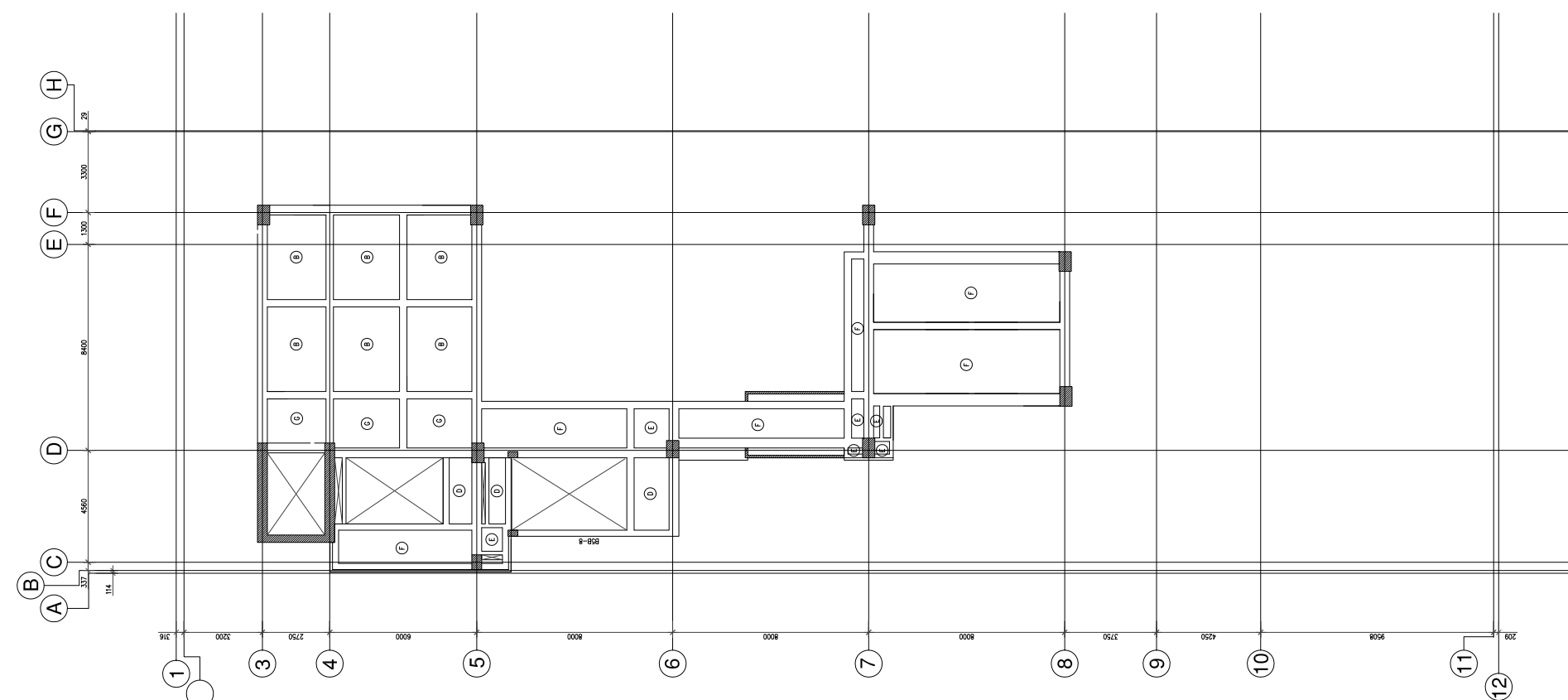
1 : 100

NOMER GAMBAR

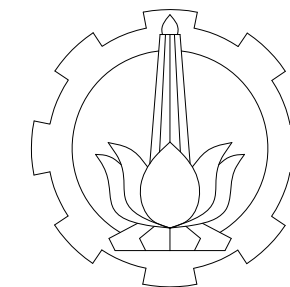
JUMLAH GAMBAR

27

65



DENAH PLAT LANTAI LT.11-LT.ATAP
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PLAT A

KODE GAMBAR

SKALA

STR

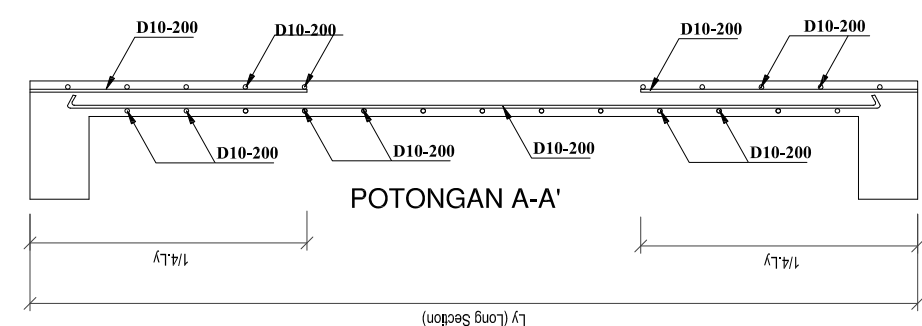
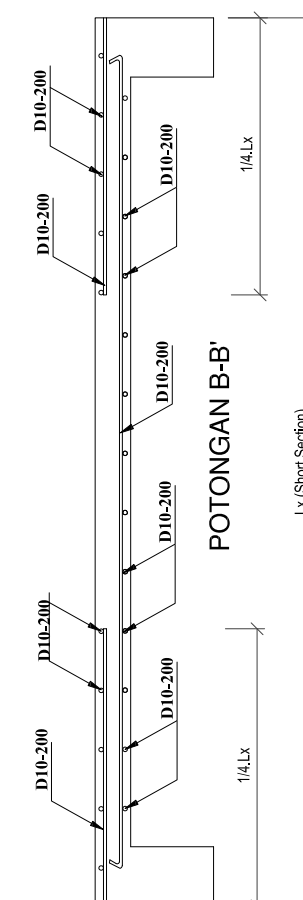
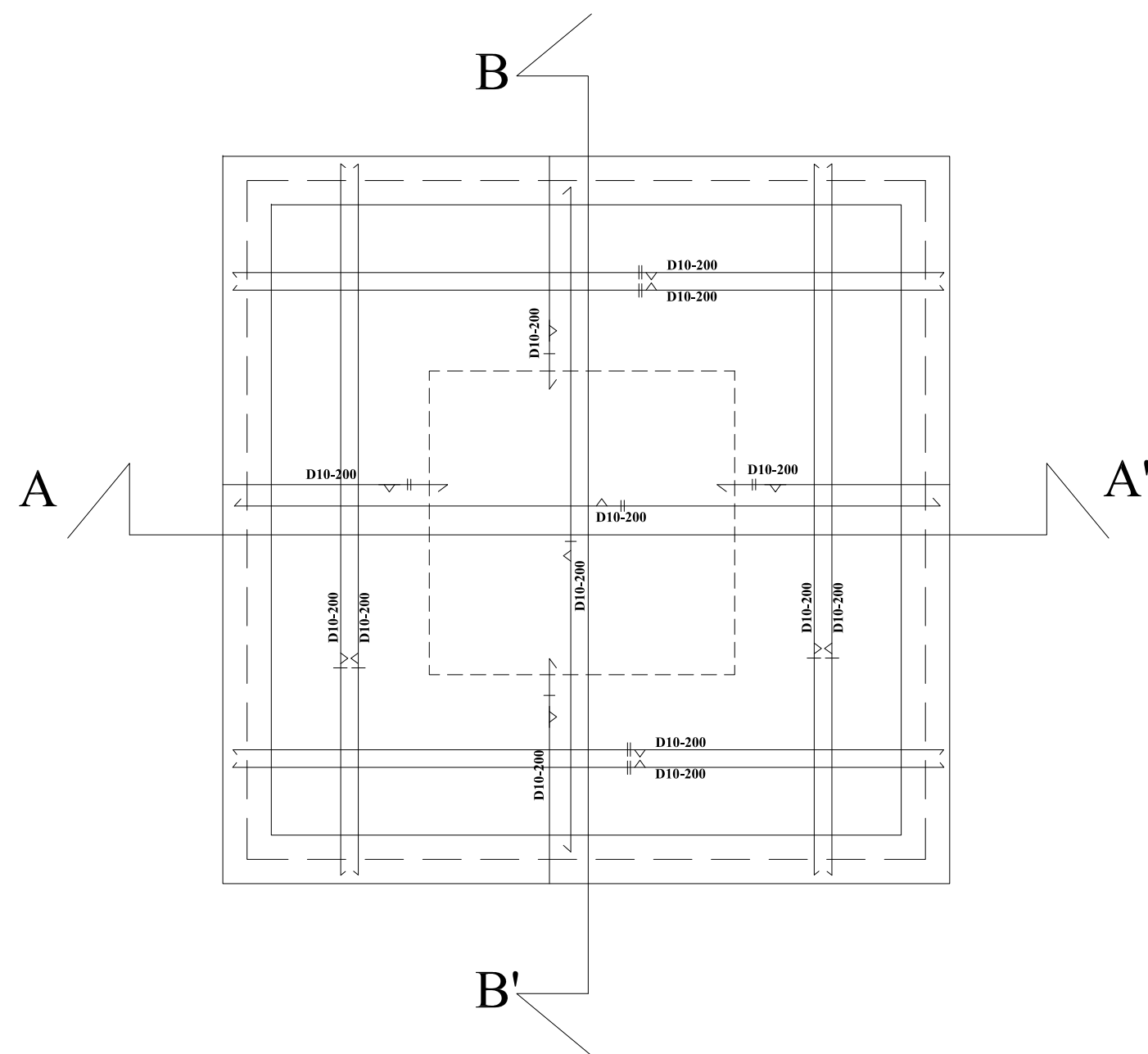
1 : 100

NOMER GAMBAR

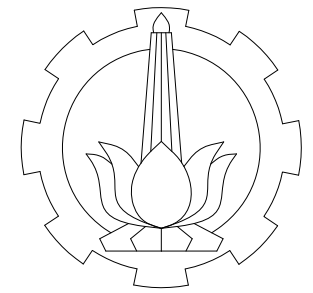
JUMLAH GAMBAR

28

65



01
 A 28
 SCALE 1:50
 DETAIL PLAT A



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 1011151000042

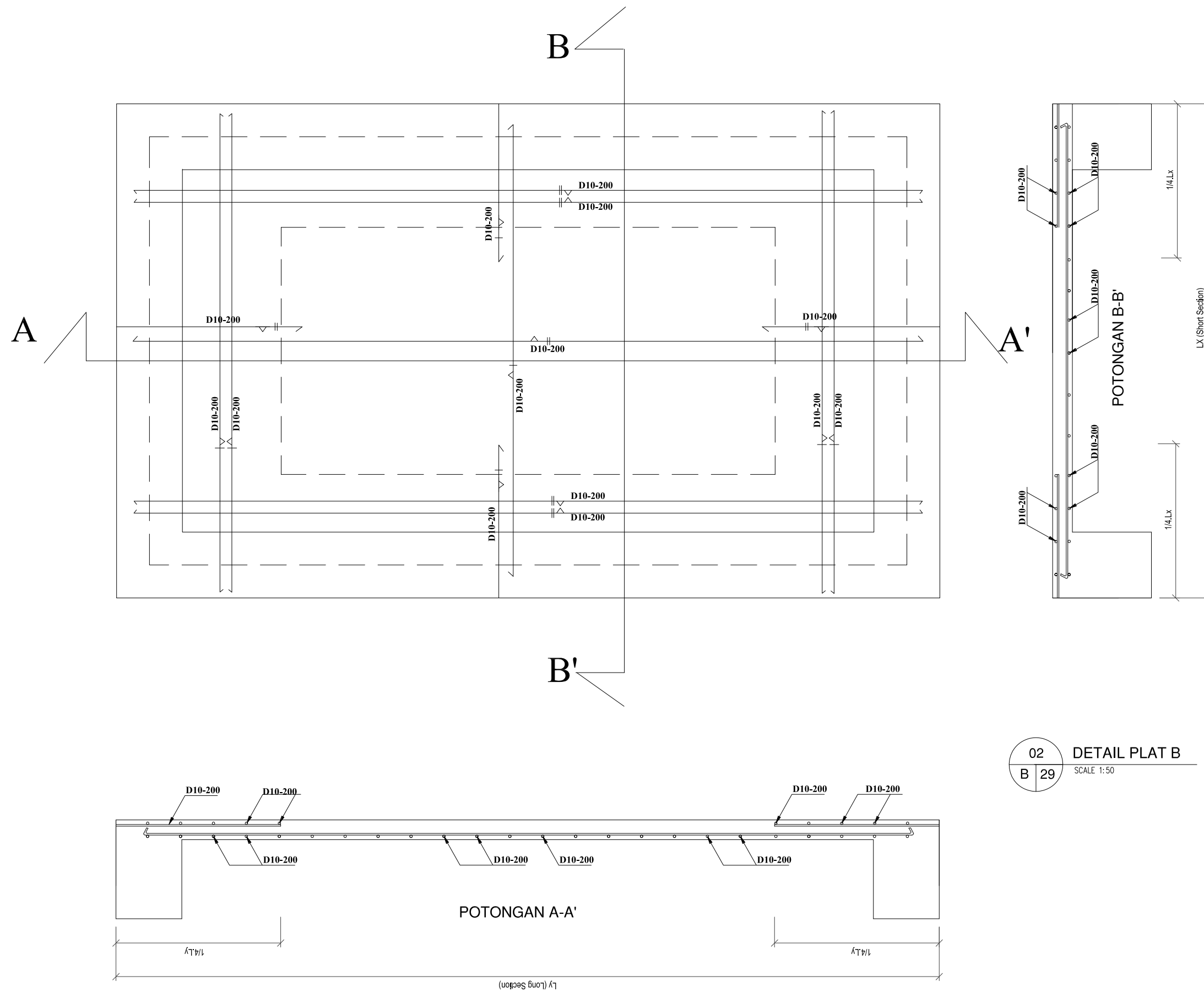
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

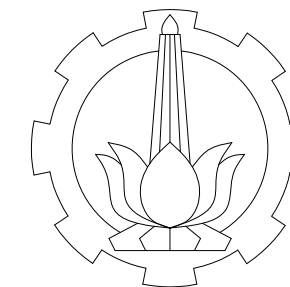
KETERANGAN

DETAIL PLAT B

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 50
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
29	65



02
 B 29
 DETAIL PLAT B
 SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

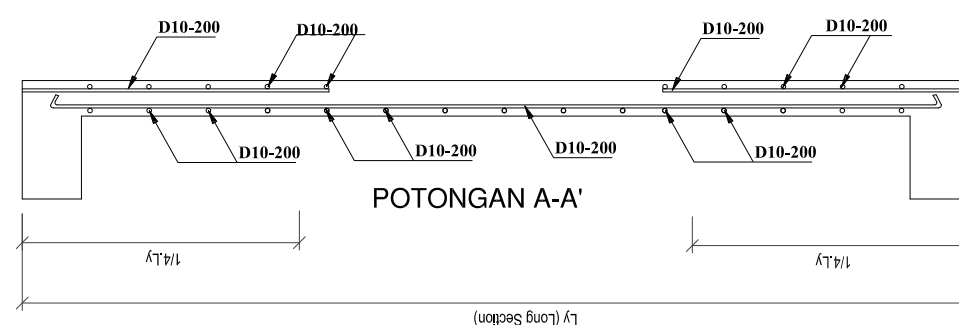
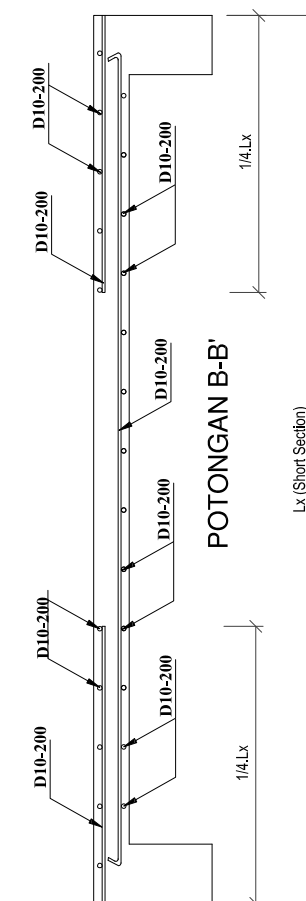
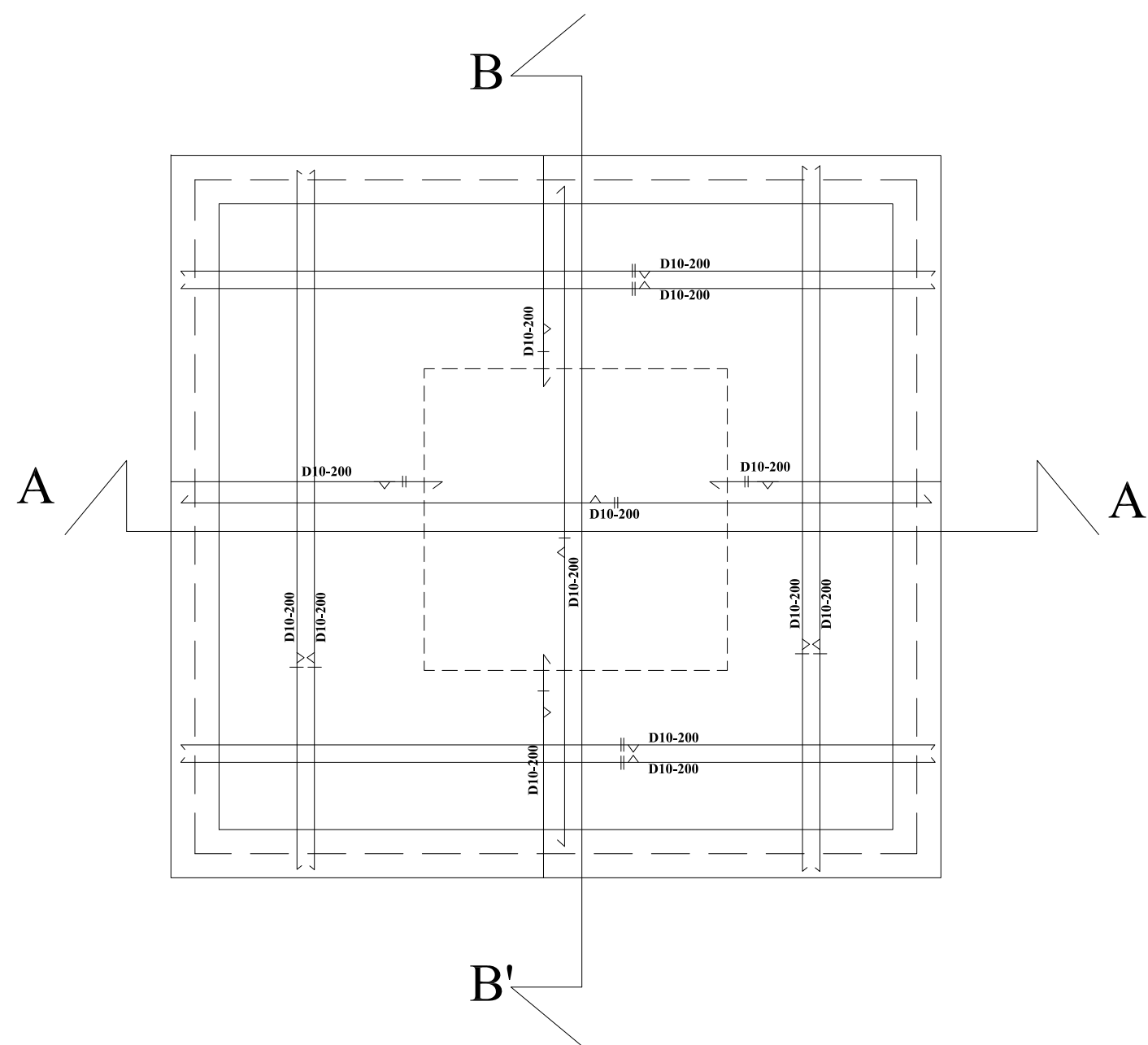
DETAIL PLAT C

KODE GAMBAR **SKALA**

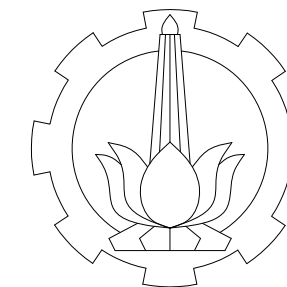
STR **1 : 50**

NOMER GAMBAR **JUMLAH GAMBAR**

30 **65**



03
 C 30
 DETAIL PLAT C
 SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

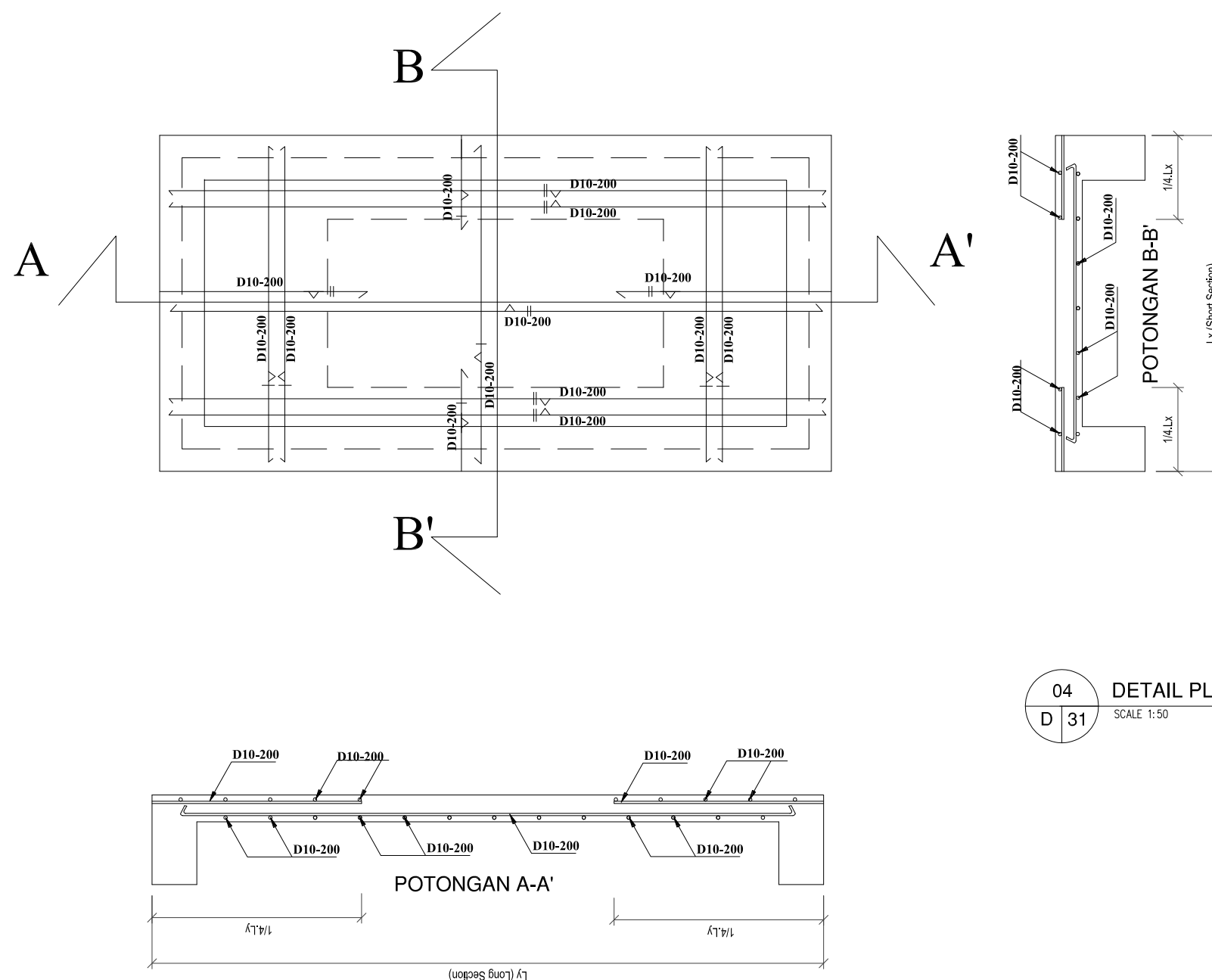
KETERANGAN

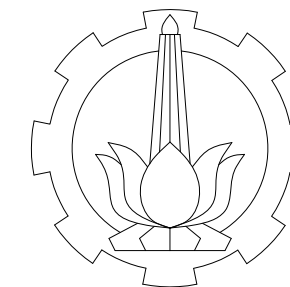
FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PLAT D

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 50
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
31	65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

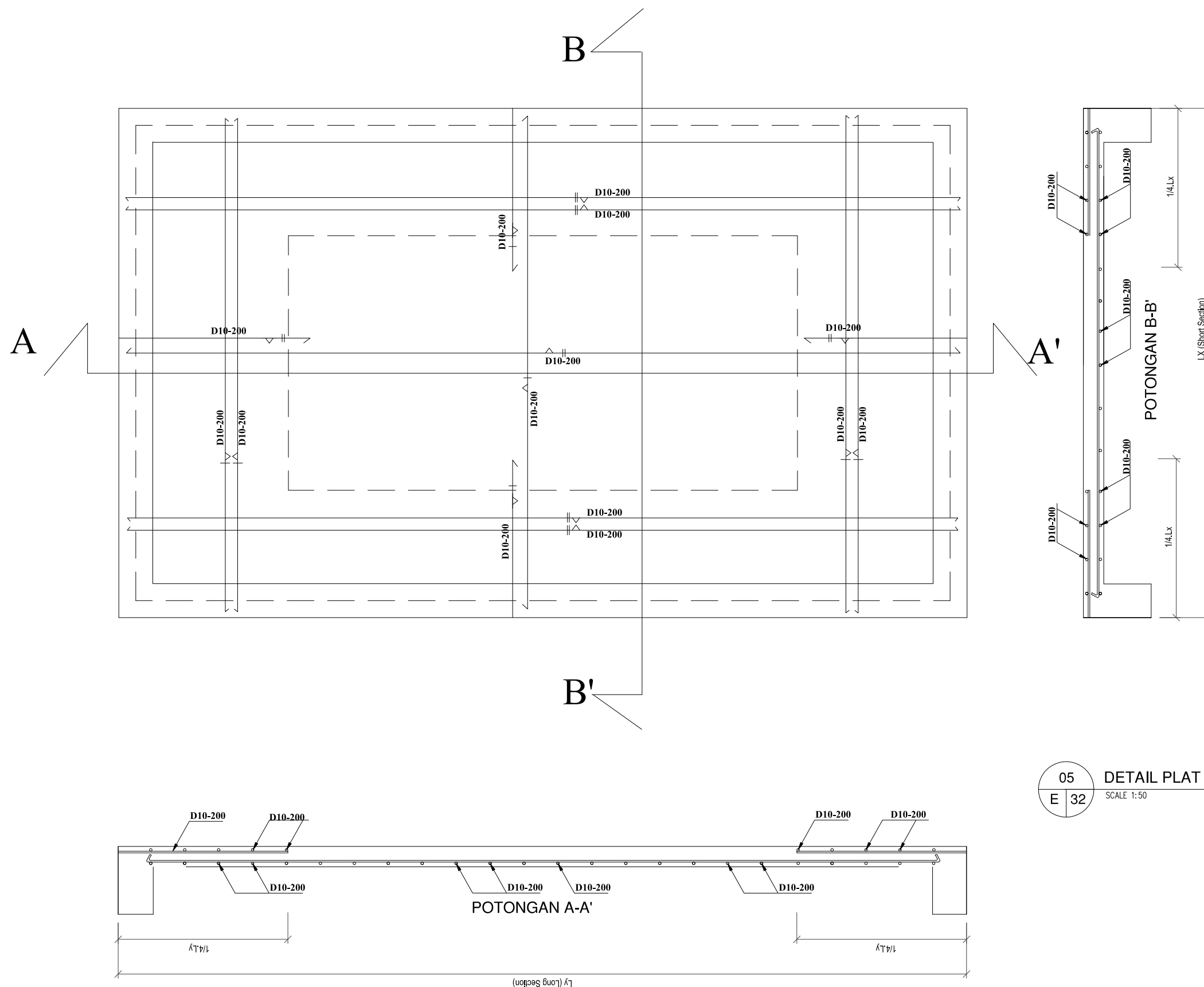
KETERANGAN

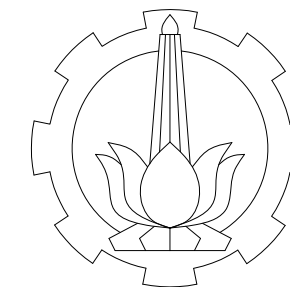
FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PLAT E

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 50
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
32	65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

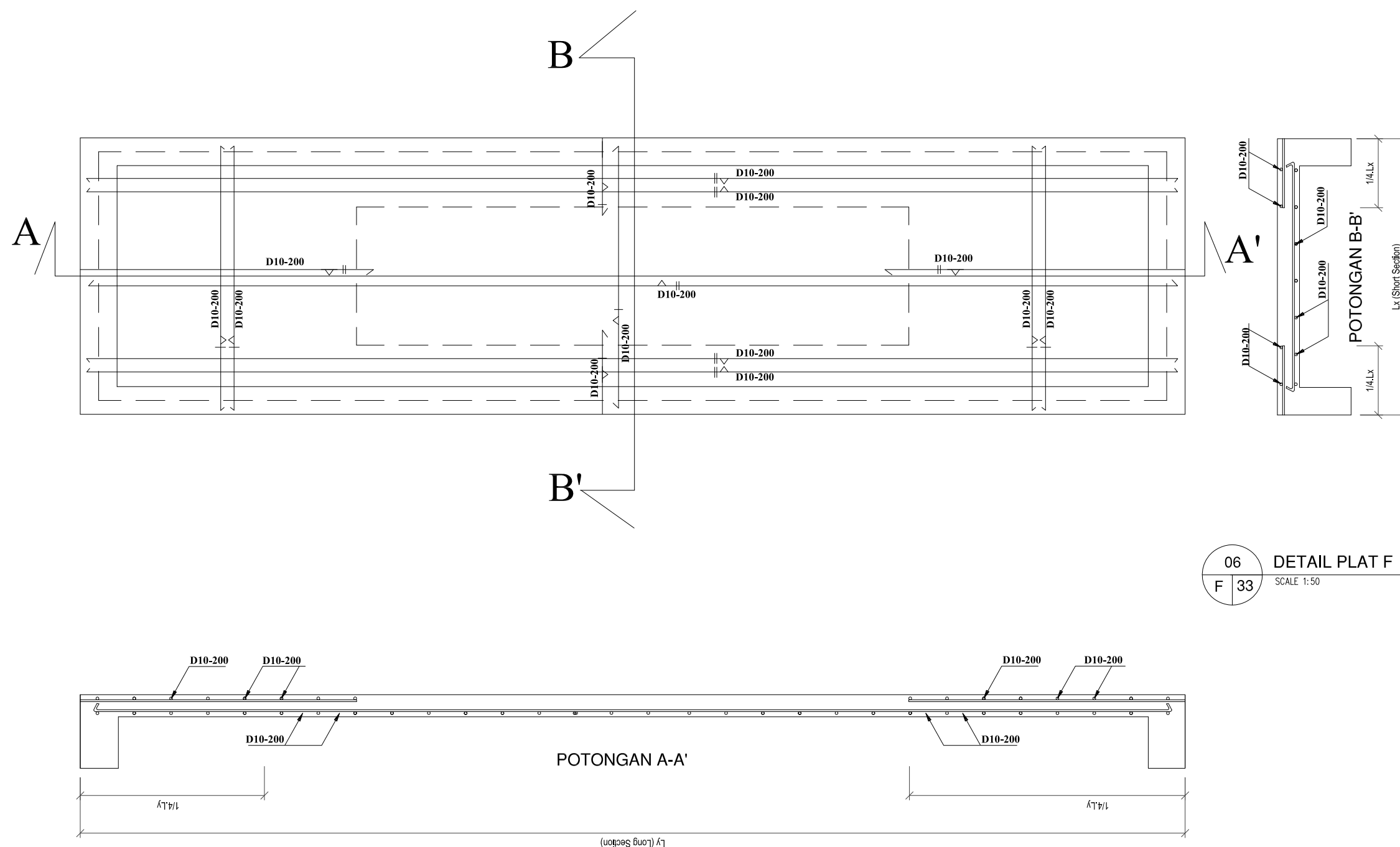
KETERANGAN

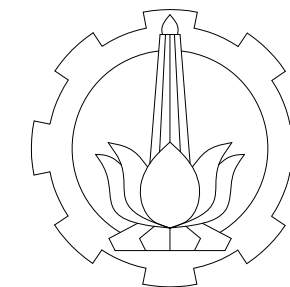
FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PLAT F

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 50
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
33	65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

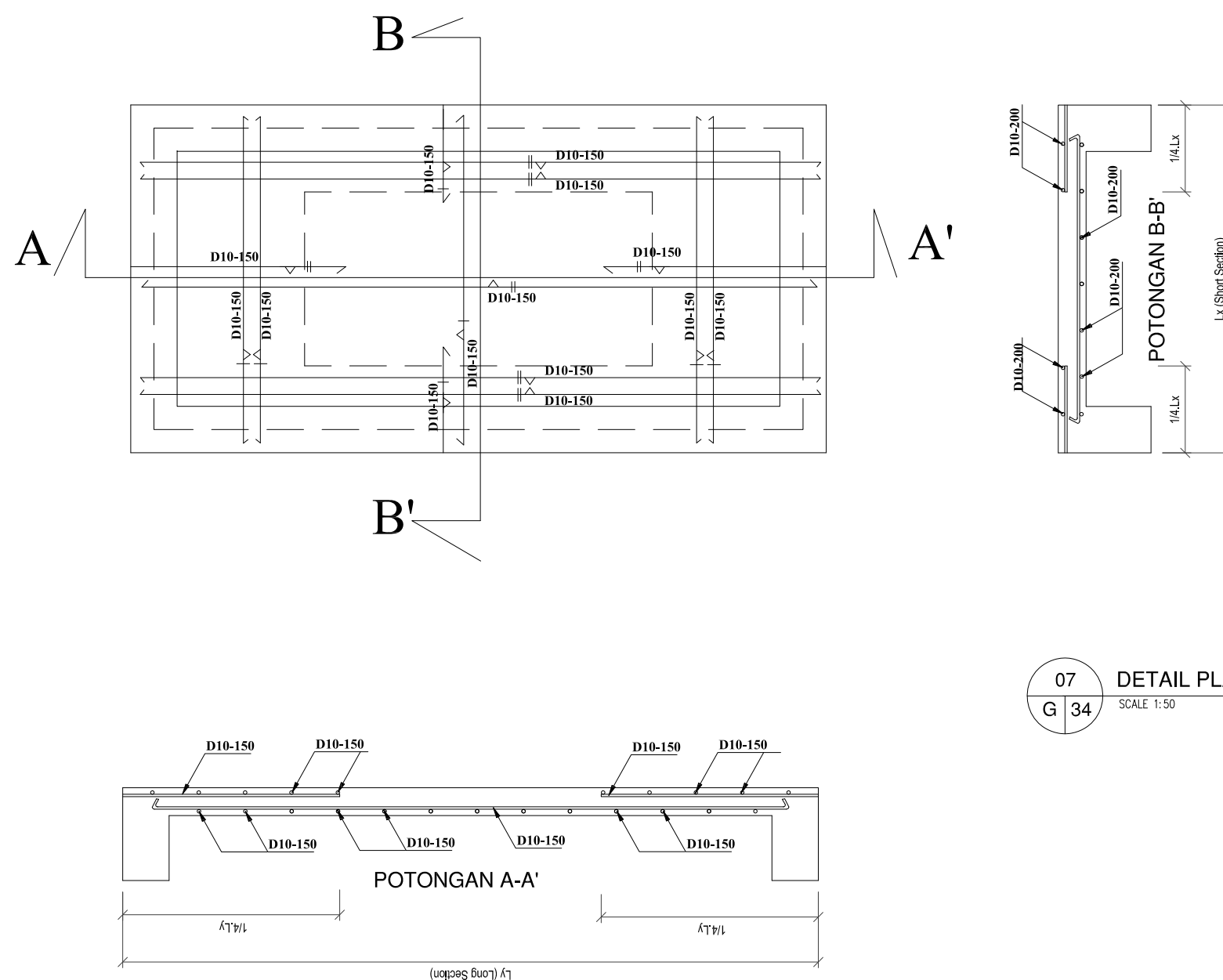
KETERANGAN

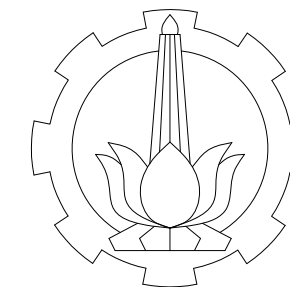
FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PLAT G

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 50
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
34	65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN PER
LANTAI 7 (+21,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

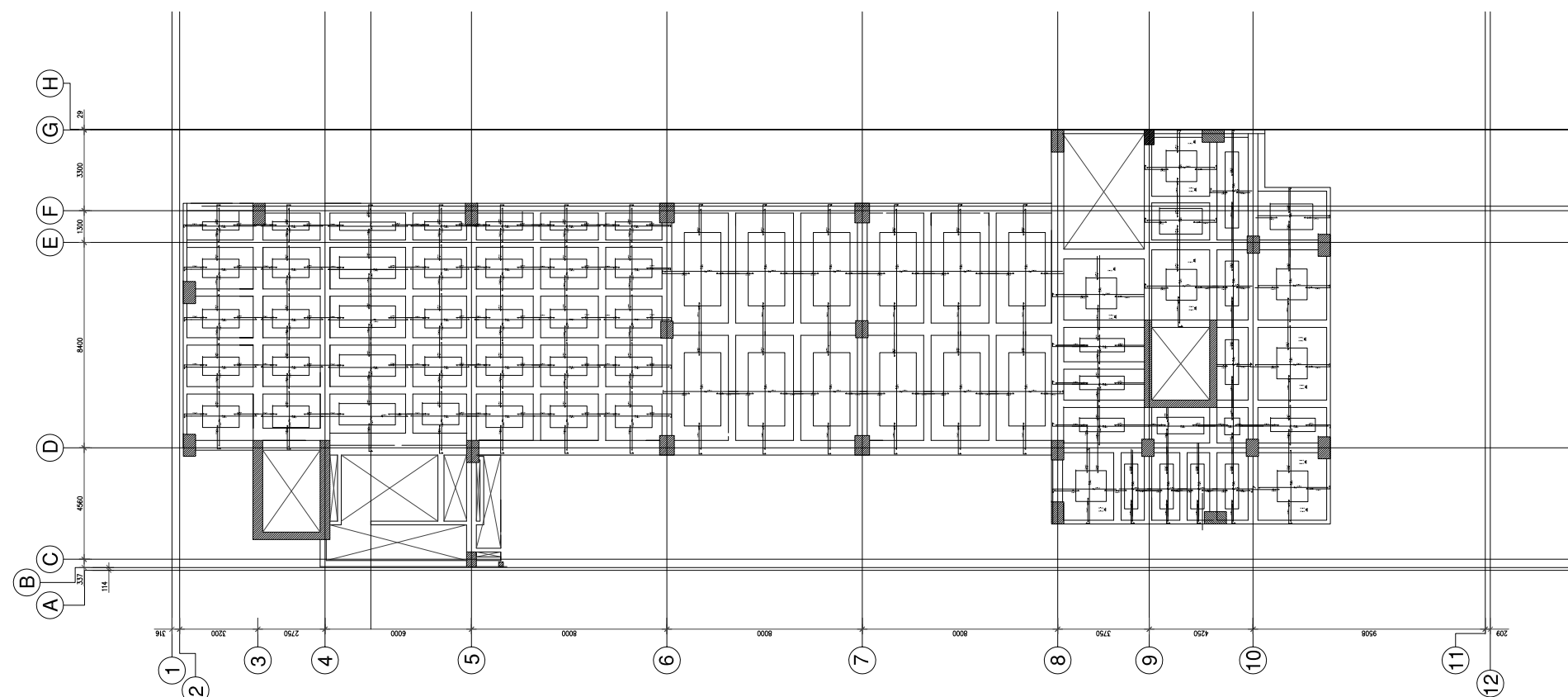
1 : 100

NOMER GAMBAR

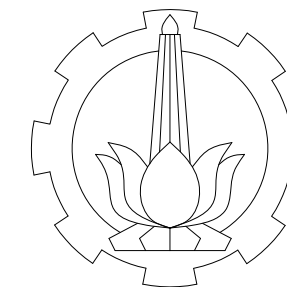
JUMLAH GAMBAR

35

65



DETAIL PENULANGAN PER LANTAI 7 (ELV. +21,0)
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH RENCANA BALOK LT 2 - 4
(+3,5 s/d +10,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

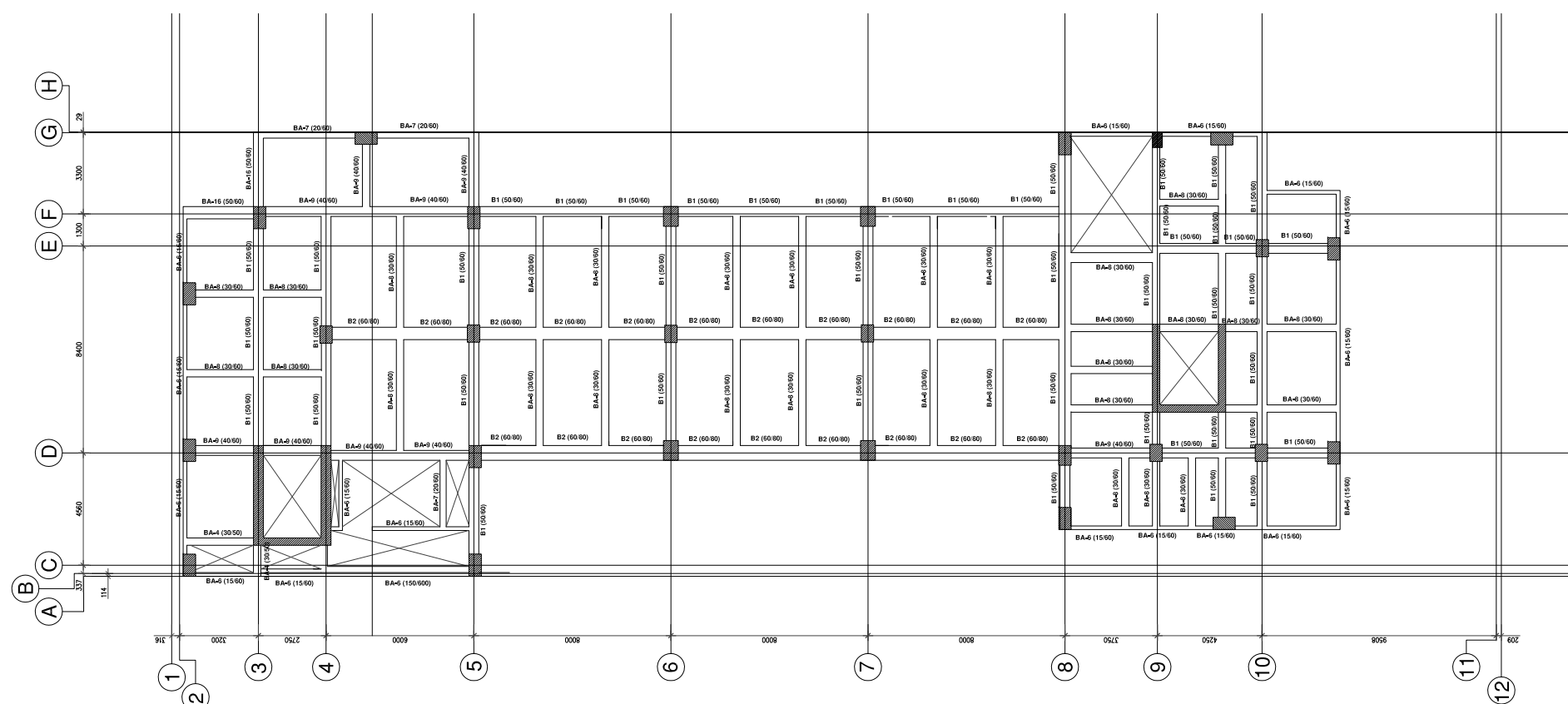
1 : 100

NOMER GAMBAR

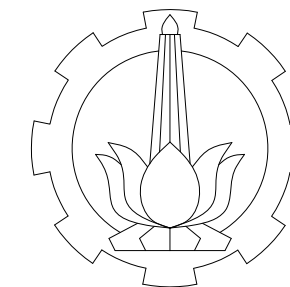
JUMLAH GAMBAR

36

65



DENAH PLAT LANTAI LT.2-LT.4
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH RENCANA BALOK LT 5 - 6
 (+14,0 s/d +17,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

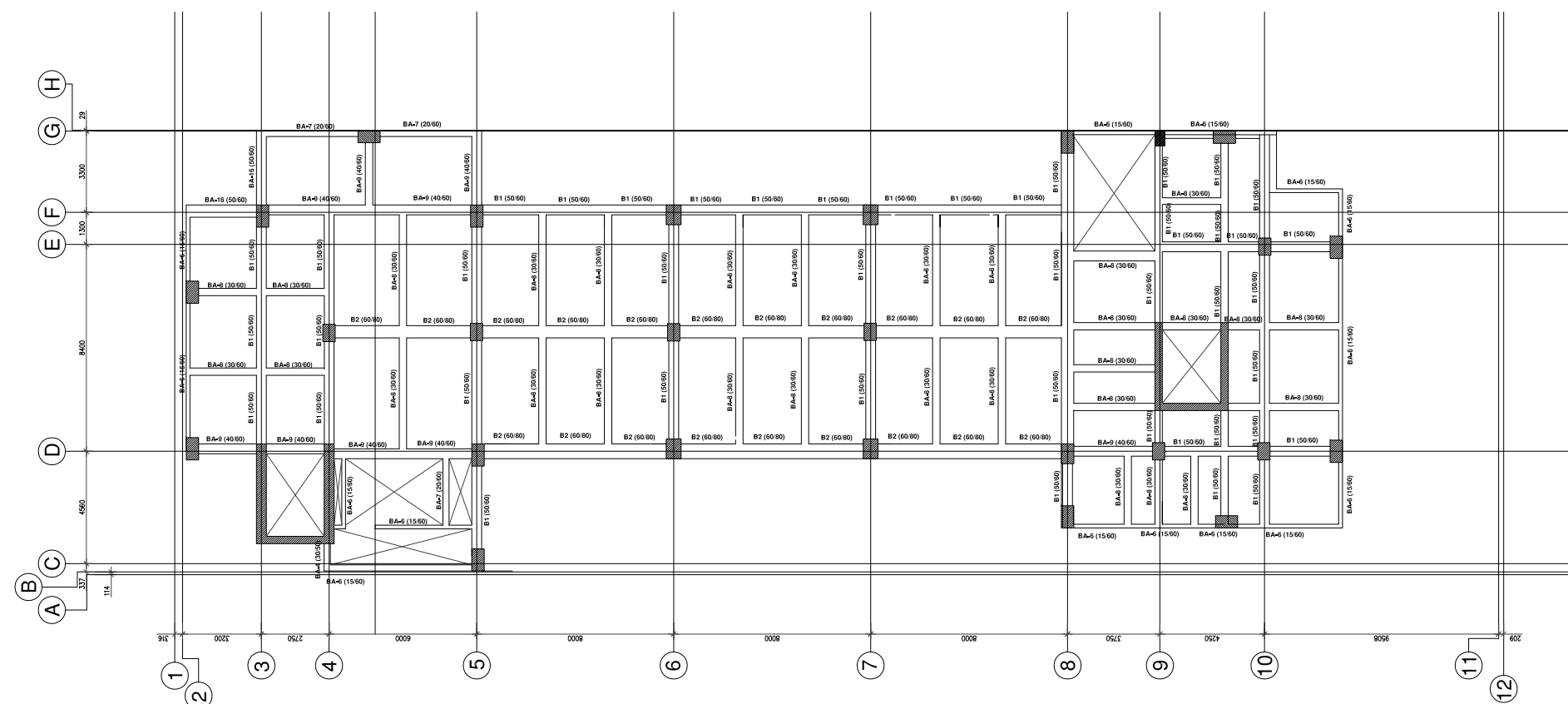
1 : 100

NOMER GAMBAR

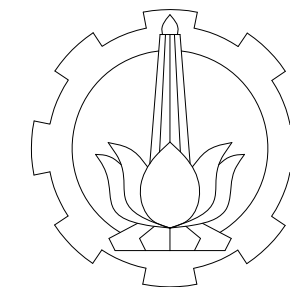
JUMLAH GAMBAR

37

65



DENAH PLAT LANTAI LT.5-LT.6
 SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH RENCANA BALOK 7-8
(+21,0 s/d +24,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

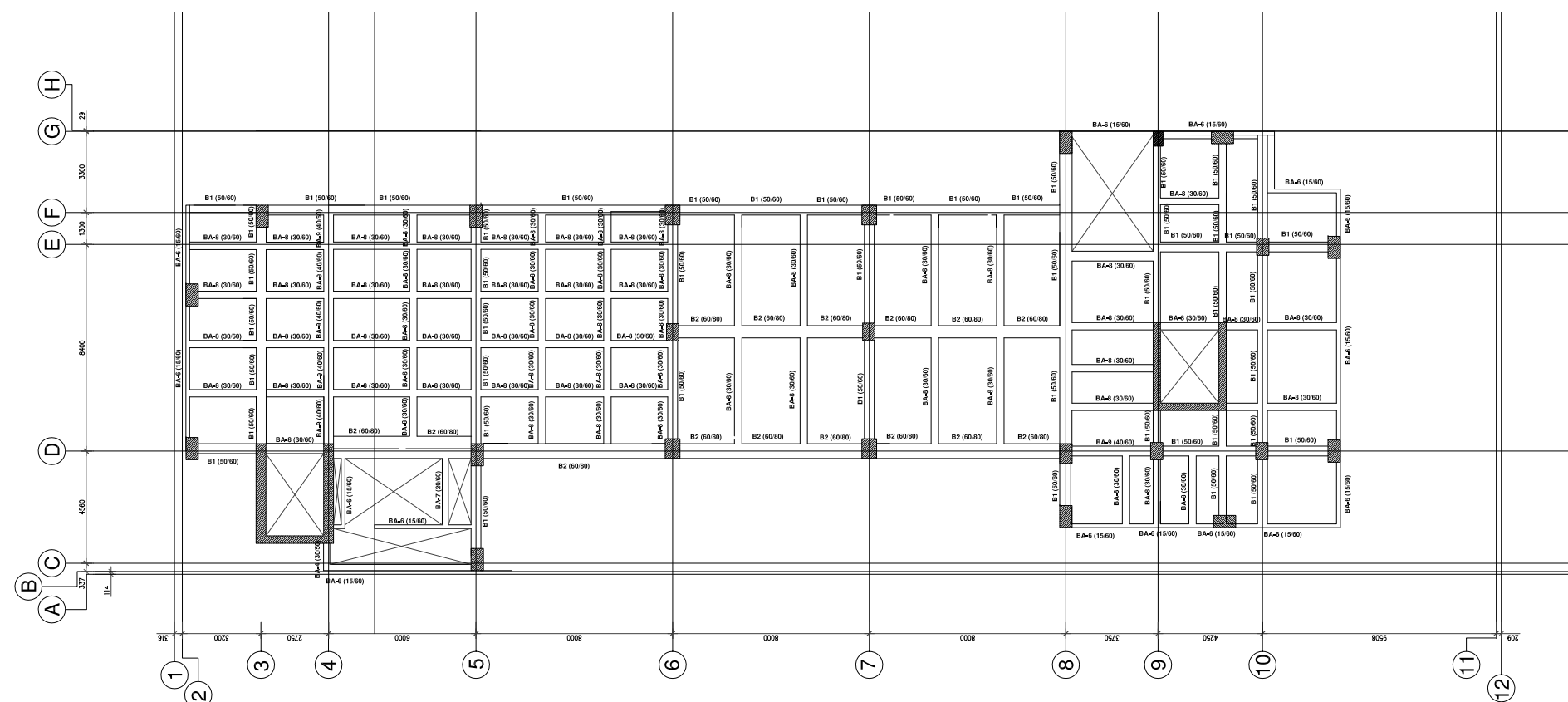
1 : 100

NOMER GAMBAR

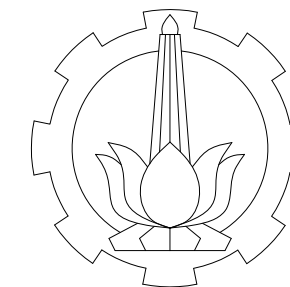
JUMLAH GAMBAR

38

65



DENAH PLAT LANTAI LT.7-LT.8
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH RENCANA BALOK 9-10
 (+28,0 s/d +31,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

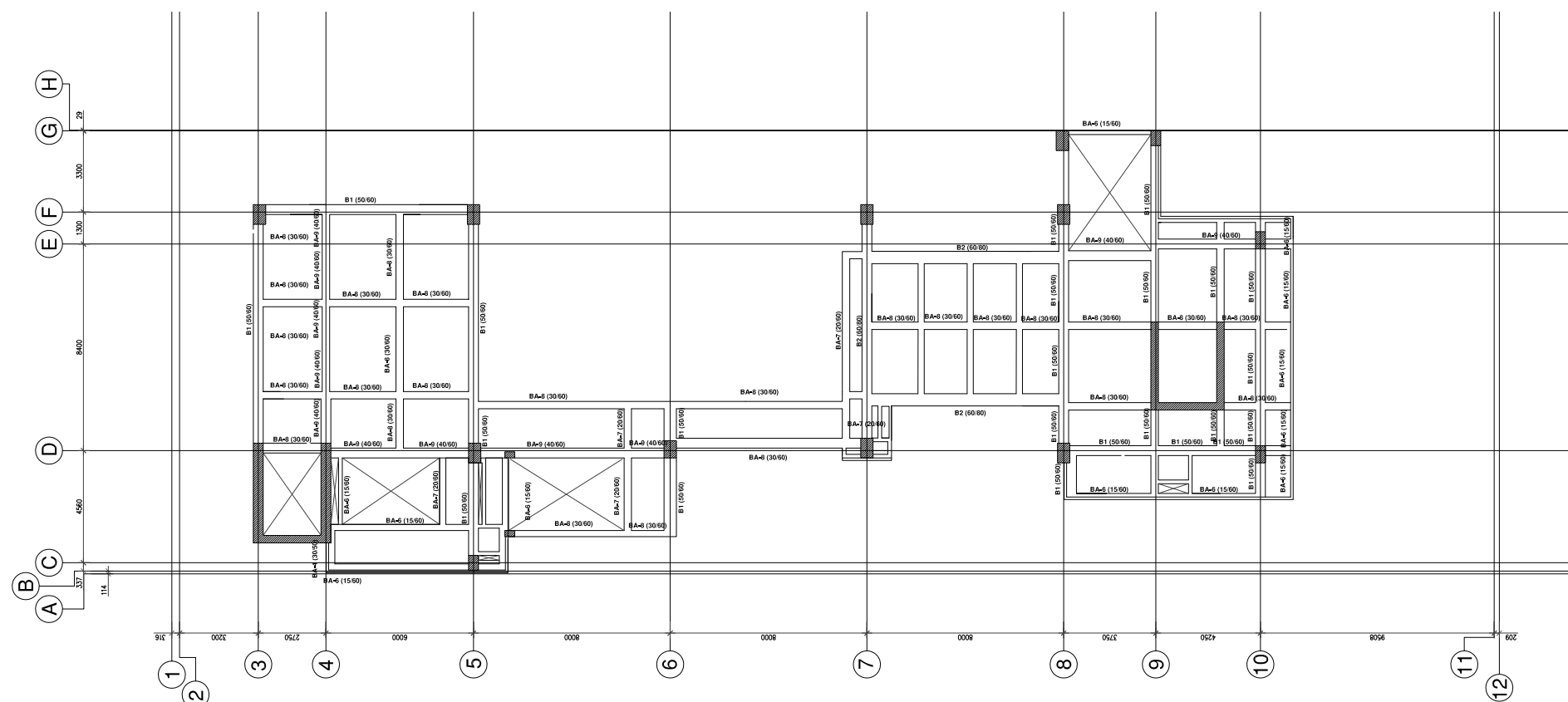
1 : 100

NOMER GAMBAR

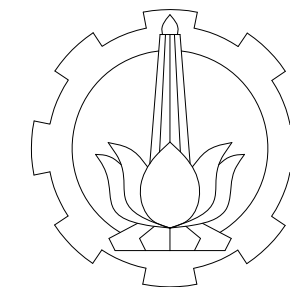
JUMLAH GAMBAR

39

65



DENAH PLAT LANTAI LT.9-LT.10
 SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DENAH RENCANA BALOK 11-ATAP
(+34,0 s/d +40,5)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

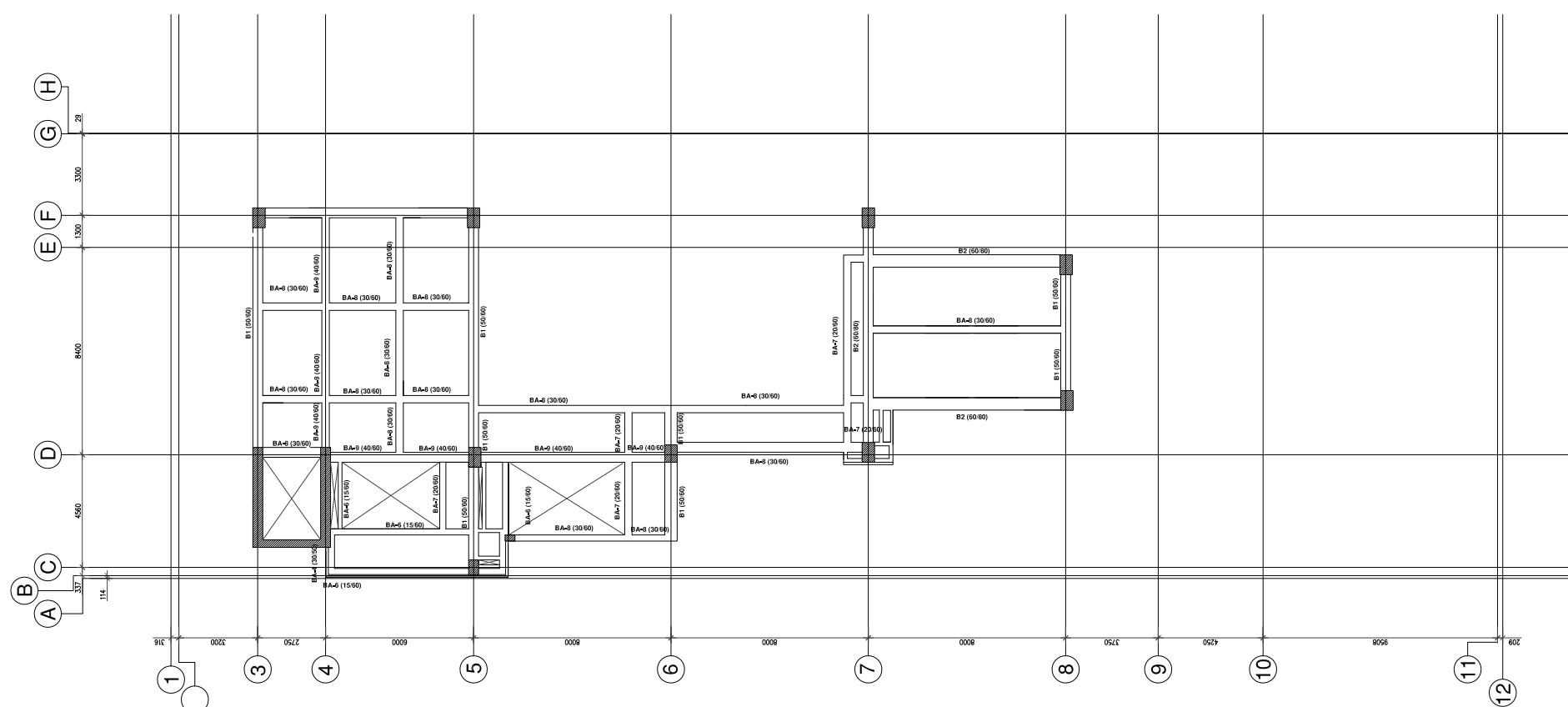
1 : 100

NOMER GAMBAR

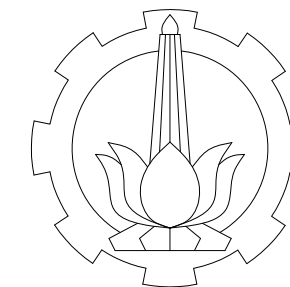
JUMLAH GAMBAR

40

65



DENAH PLAT LANTAI L.T.11-LT.ATAP
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

PENULANGAN BALOK BA-1 s/d BA-5

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1 : 20

NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

41

65

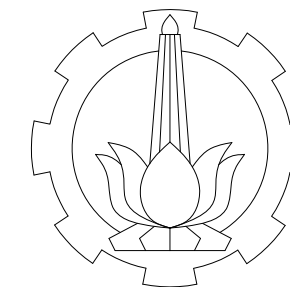
KODE	BA-1		BA-2		BA-3	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN						
DIMENSI (mm)	150 X 400	150 X 400	250 X 400	250 X 400	150 X 500	150 X 500
T. PLAT (mm)	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
TUL. ATAS	4 D19	2 D19	4 D19	2 D19	3 D19	2 D19
TUL. SAMPING	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TUL. BAWAH	2 D19	2 D19	2 D19	3 D19	2 D19	2 D19
SENGKANG	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 200

KODE	BA-4		BA-5	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI (mm)	300 X 500	300 X 500	500 X 500	500 X 500
T. PLAT (mm)	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
TUL. ATAS	3 D 19	2 D 19	6 D 19	4 D19
TUL. SAMPING	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TUL. BAWAH	2 D 19	2 D 19	3 D 19	4 D19
SENGKANG	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150



PENULANGAN BALOK BA1-BA5

SCALE 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

PENULANGAN BALOK BA6-BA13

KODE GAMBAR

SKALA

STR

1 : 20

NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

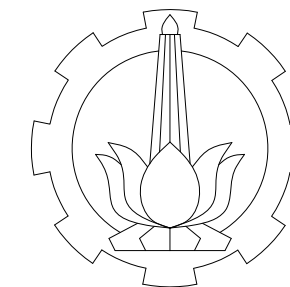
42

65

KODE	BA-6		BA-7		BA-8		BA-9	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN								
DIMENSI (mm)	150 X 600	150 X 600	200 X 600	200 X 600	300 X 600	300 X 600	400 X 600	400 X 600
T. PLAT (mm)	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
TUL. ATAS	3 D 19	3 D 19	4 D 19	3 D 19	7 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19
TUL. SAMPING	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TUL. BAWAH	2 D 19	3 D 19	3 D 19	3 D 19	4 D 19	4 D 19	3 D 19	5 D 19
SENGKANG	2 Ø10 - 100	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 100	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 200

KODE	BA-10		BA-11		BA-12		BA-13	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR POTONGAN								
DIMENSI (mm)	150 X 700	150 X 700	300 X 700	300 X 700	400 X 700	400 X 700	400 X 800	400 X 800
T. PLAT (mm)	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
TUL. ATAS	3 D 19	3 D 19	3 D 19	2 D 19	5 D 19	3 D 19	4 D 19	3 D 19
TUL. SAMPING	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13	2 D 13
TUL. BAWAH	3 D 19	3 D 19	2 D 19	2 D 19	3 D 19	5 D 19	3 D 19	3 D 19
SENGKANG	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 200	2 Ø10 - 100	2 Ø10 - 150	2 Ø10 - 100	2 Ø10 - 150

PENULANGAN BA6-BA13
 SCALE 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

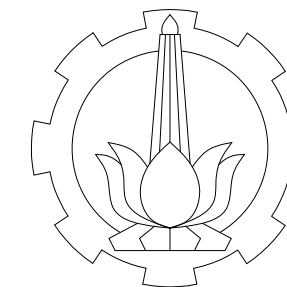
KETERANGAN

PENULANGAN BALOK B1-B2

KODE GAMBAR	SKALA
STR	1 : 20
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
43	65

KODE	B1		BA-12	
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POSISI				
GAMBAR POTONGAN				
DIMENSI (mm)	500 X 800	500 X 800	600 X 800	600 X 800
T. PLAT (mm)	120 mm	120 mm	120 mm	120 mm
TUL. ATAS	7 D 25	3 D 25	9 D 25	4 D 25
TUL. SAMPING	4 D 19	4 D 19	4 D 19	4 D 19
TUL. BAWAH	4 D 25	5 D 25	5 D 25	7 D 25
SENGKANG	2 D13 - 100	2 D13 - 100	2 D13 - 100	2 D13 - 100

PENULANGAN B1-B2
 SCALE 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

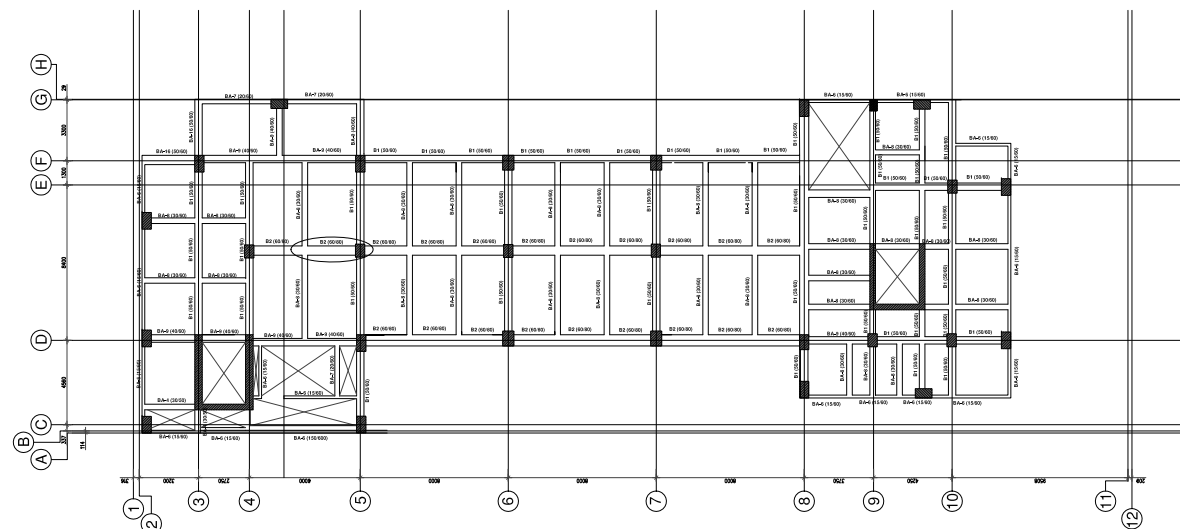
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

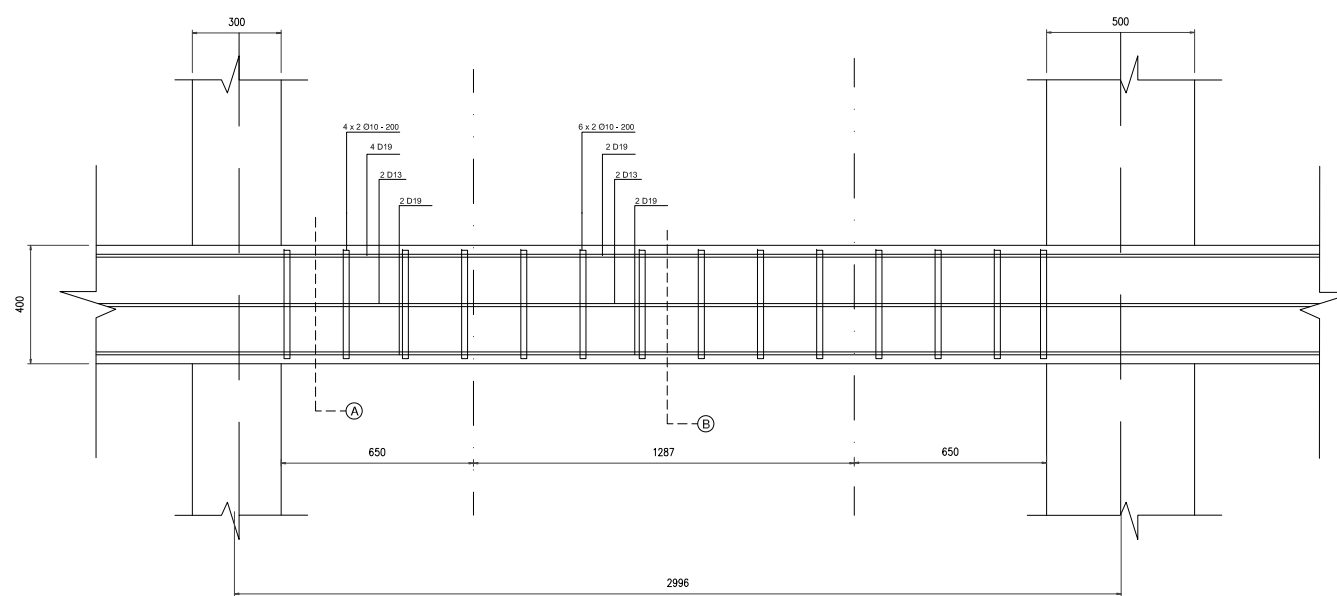
KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN BA-2

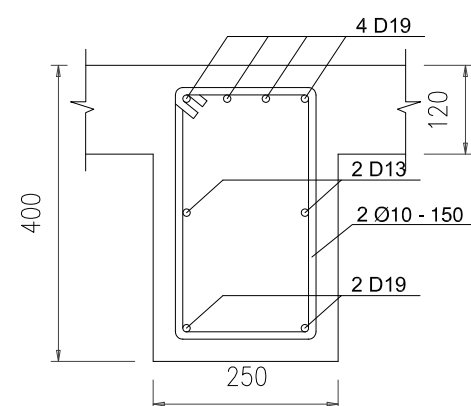
KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
44	65



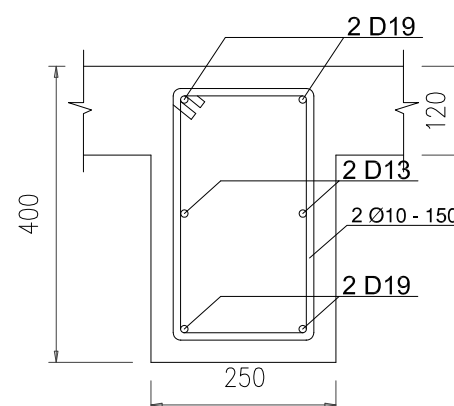
KEYPLAN BALOK B2
 SCALE 1:400



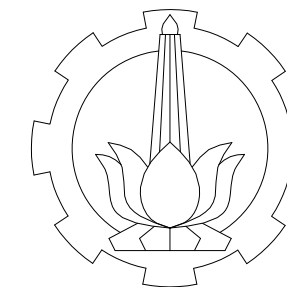
PENULANGAN BALOK BA-2
 SCALE 1:100



POTONGAN A-A
 SCALE 1:50



POTONGAN B-B
 SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

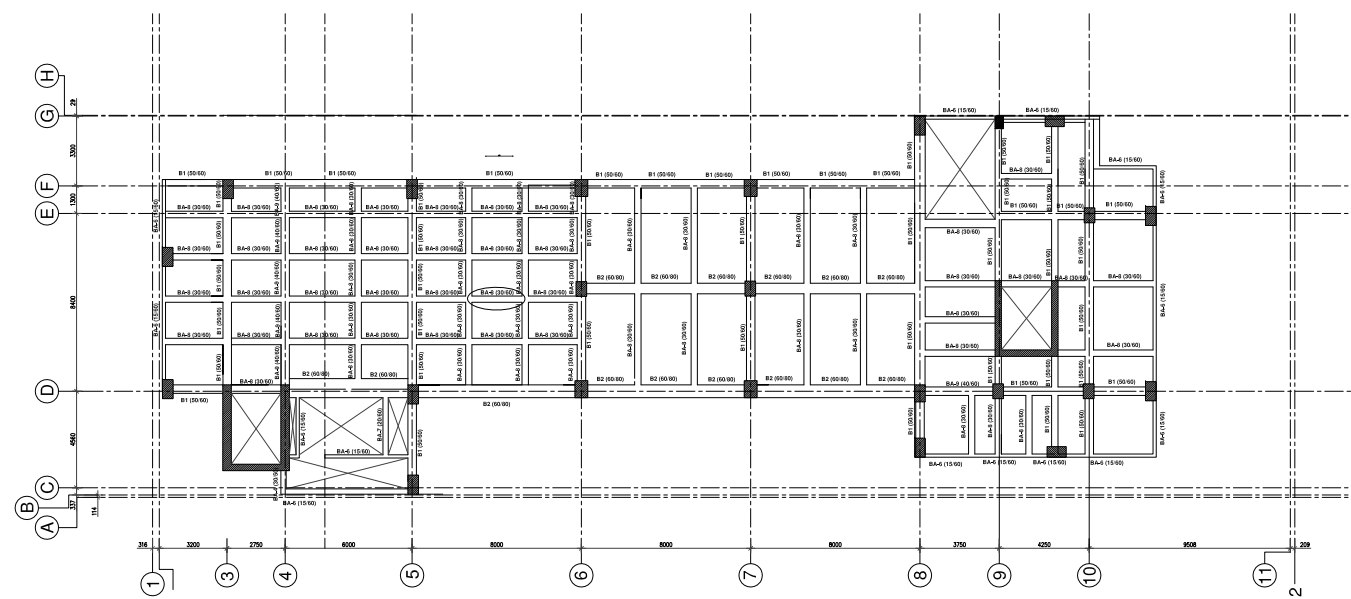
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

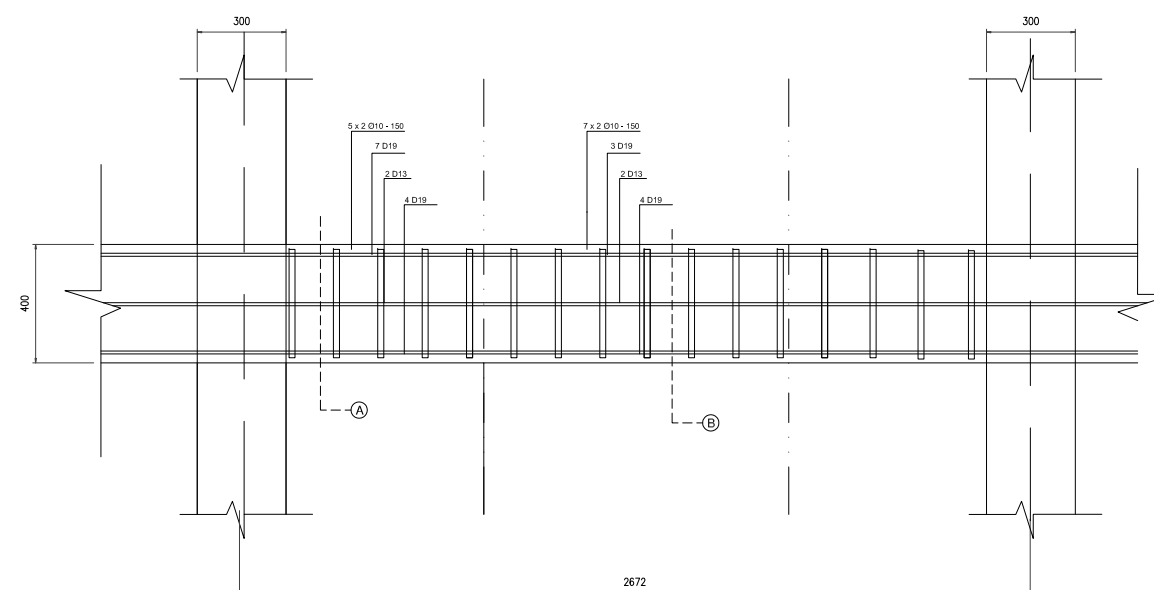
KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN BA-8

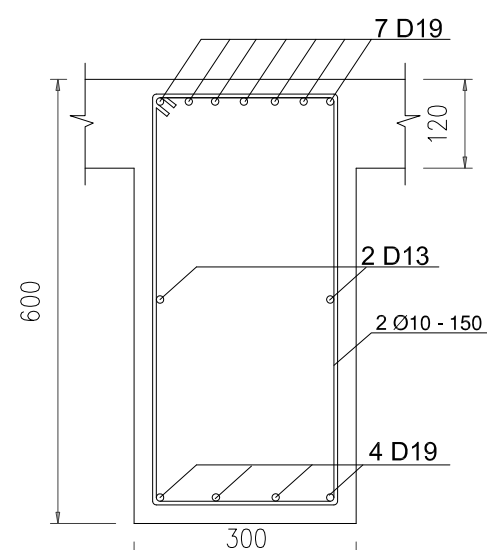
KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
45	65



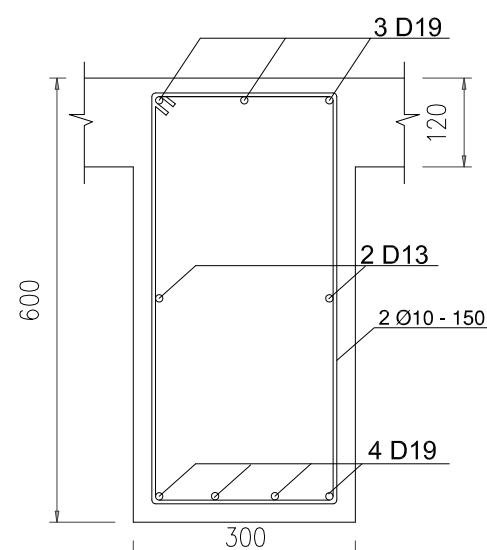
KEYPLAN BALOK BA-8
 SCALE 1:500



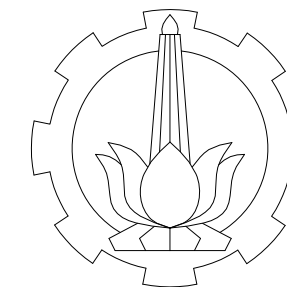
PENULANGAN BALOK BA-8
 SCALE 1:50



POTONGAN A-A
 SCALE 1:50



POTONGAN B-B
 SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

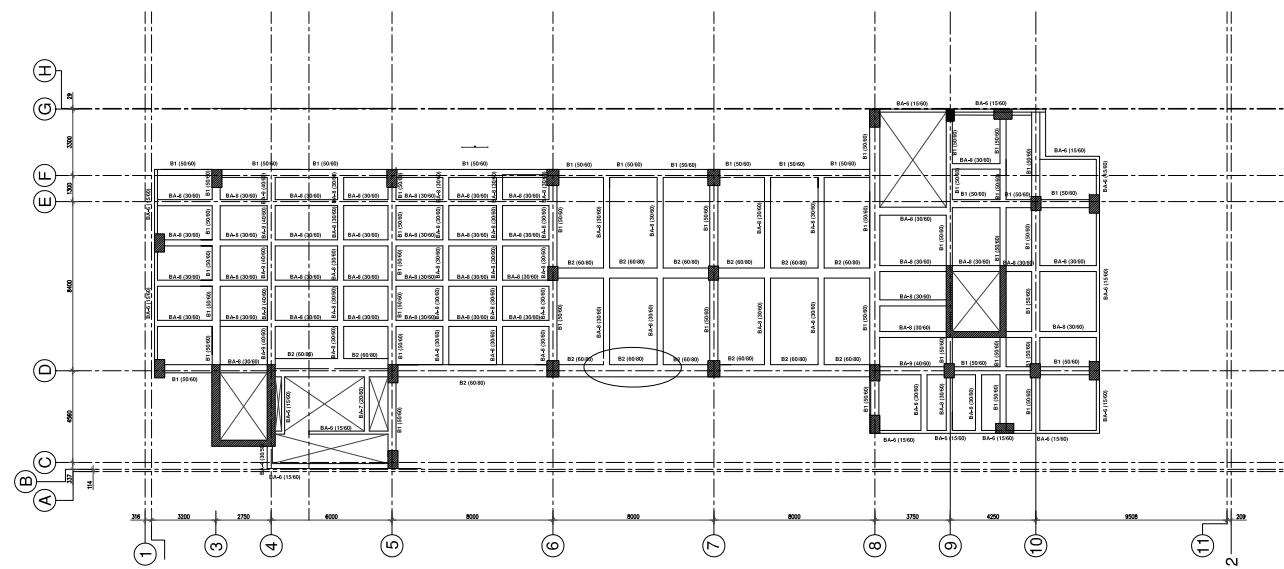
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

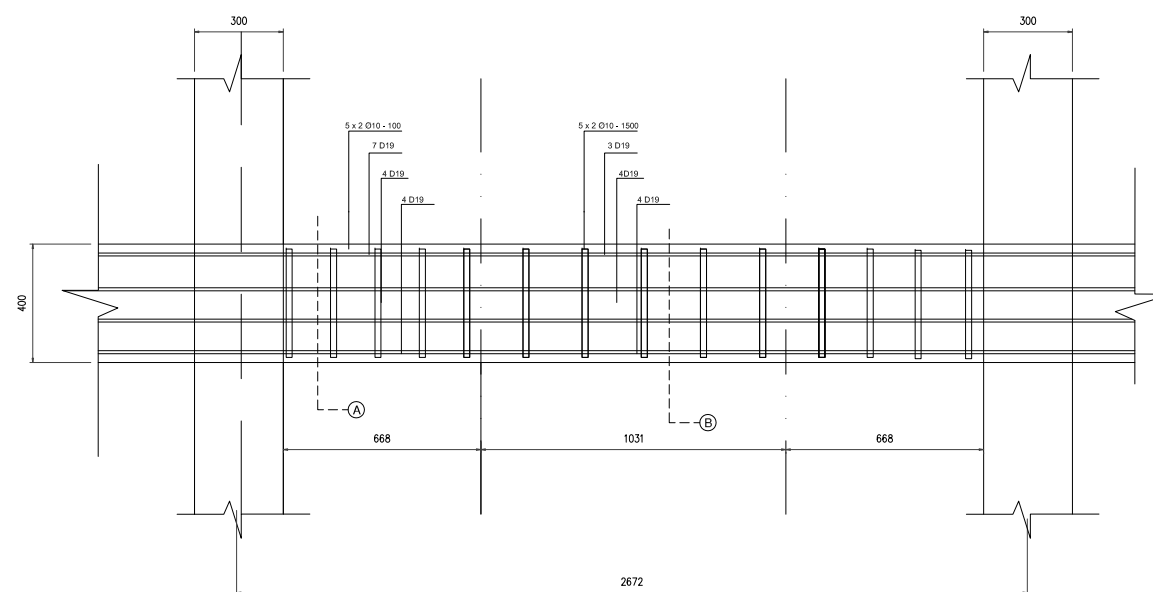
KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN B1

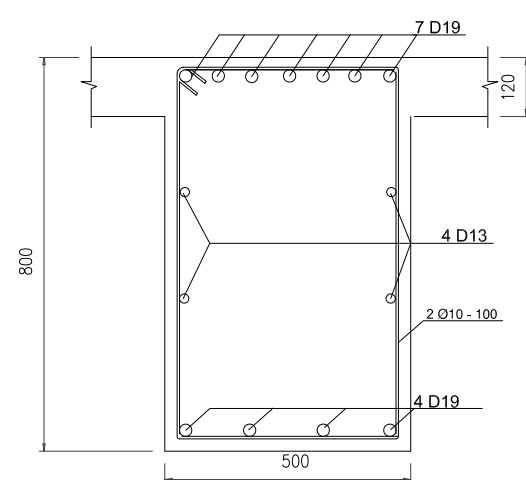
KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
46	65



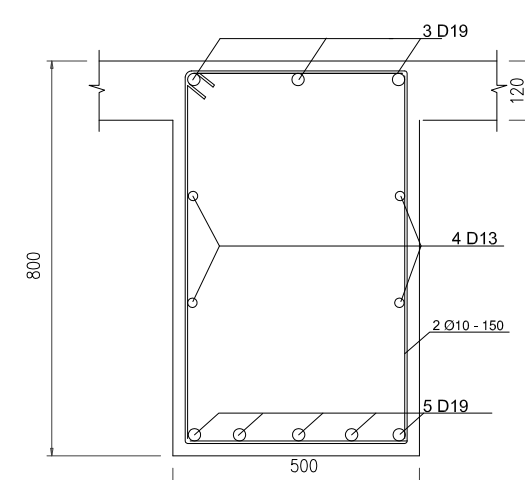
KEYPLAN BALOK B2
 SCALE 1:400



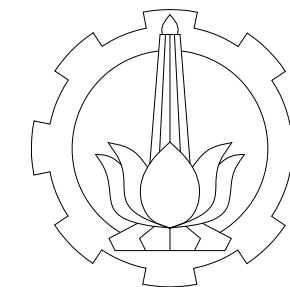
PENULANGAN BALOK B2
 SCALE 1:100



POTONGAN A-A
 SCALE 1:30



POTONGAN B-B
 SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA KOLOM LANTAI 1-3 (+0,0 s/d +7,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

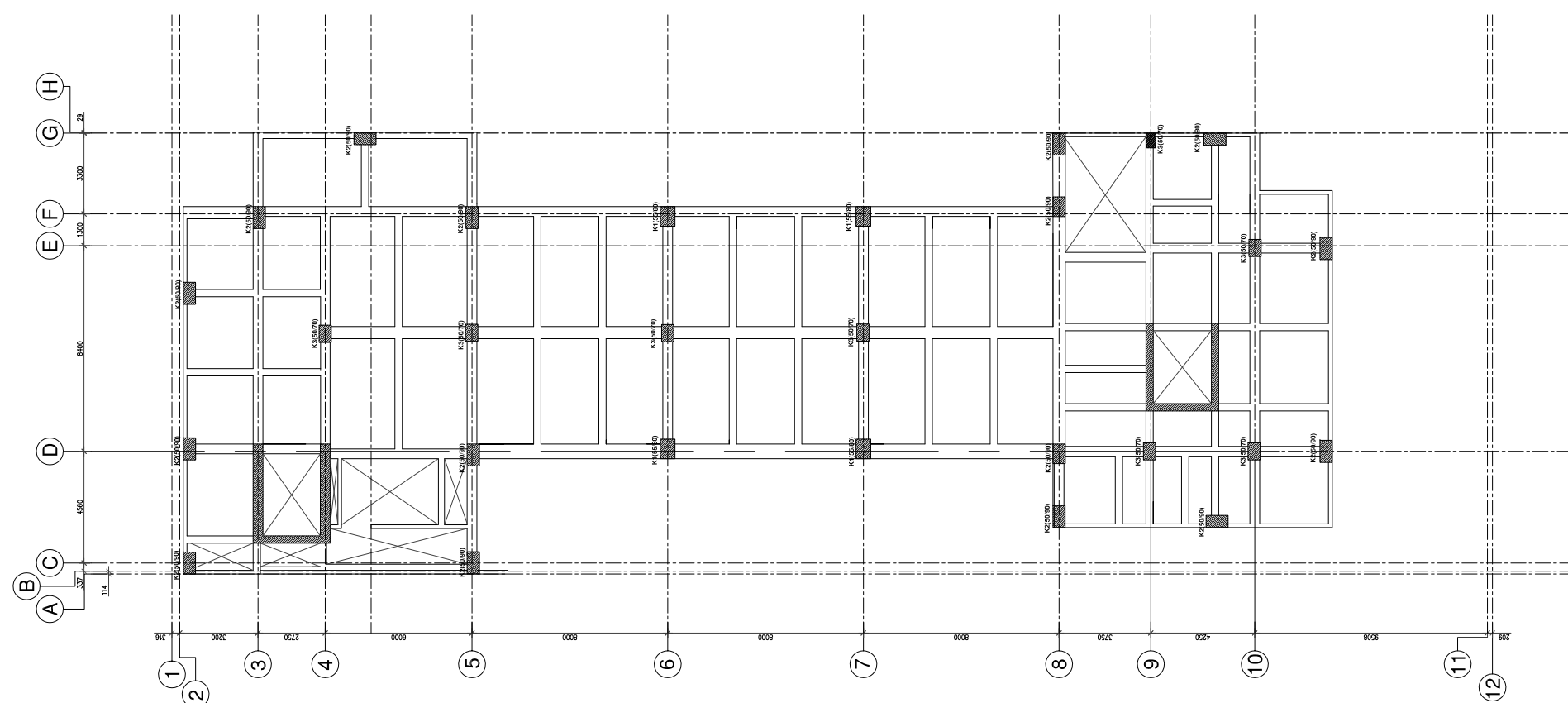
1:100

NOMER GAMBAR

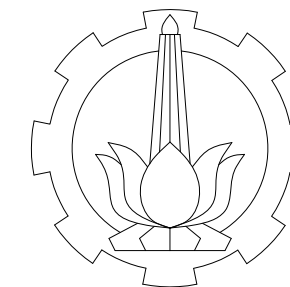
JUMLAH GAMBAR

47

65



RENCANA KOLOM LT.1-LT.3
 SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA KOLOM LANTAI 4-5 (+10,5 s/d +14,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

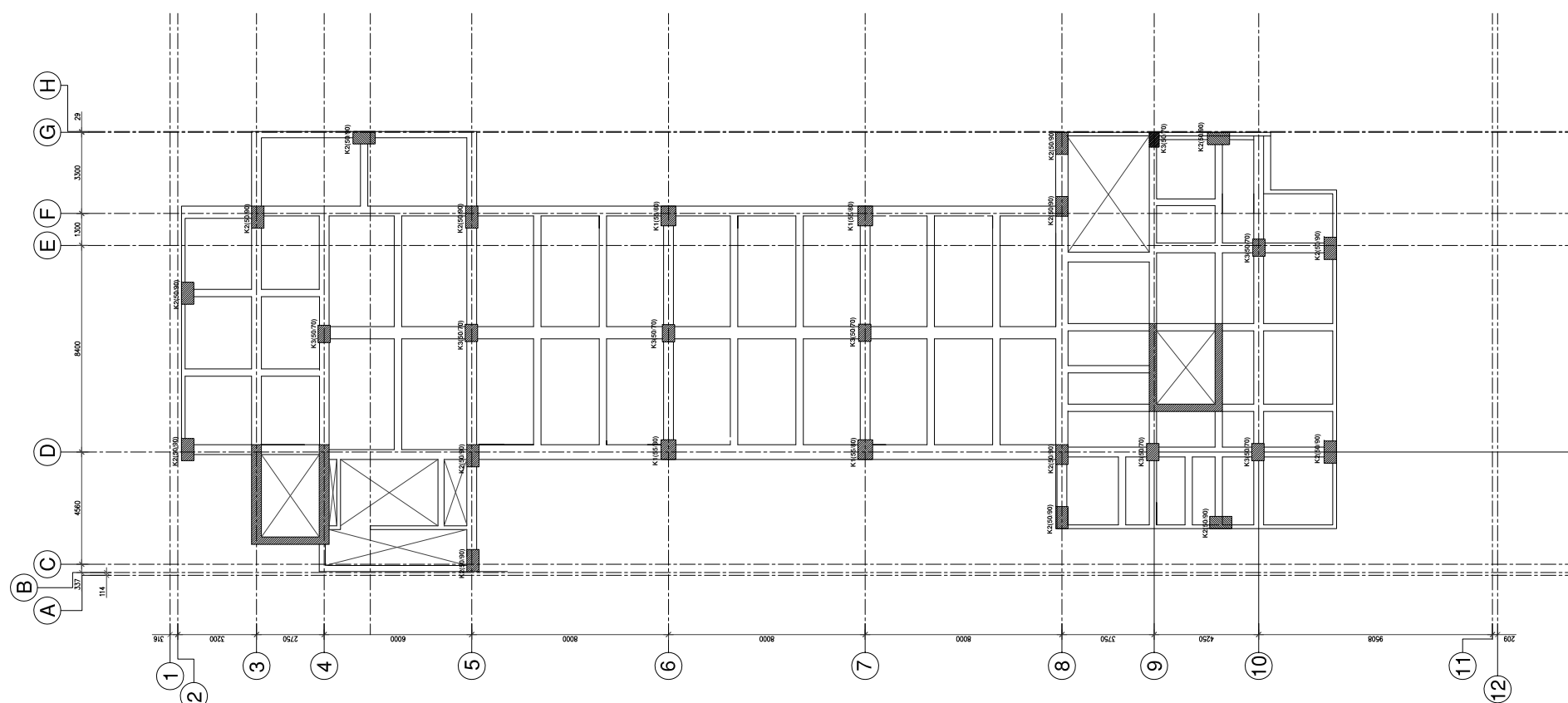
1:100

NOMER GAMBAR

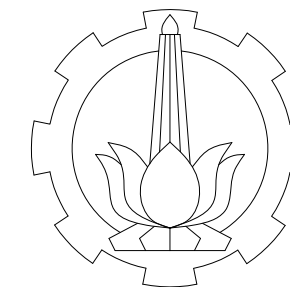
JUMLAH GAMBAR

48

65



DENAH PLAT LANTAI LT.4-LT.5
SCALE: 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA KOLOM LANTAI 6-7 (+17,5 s/d +21,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

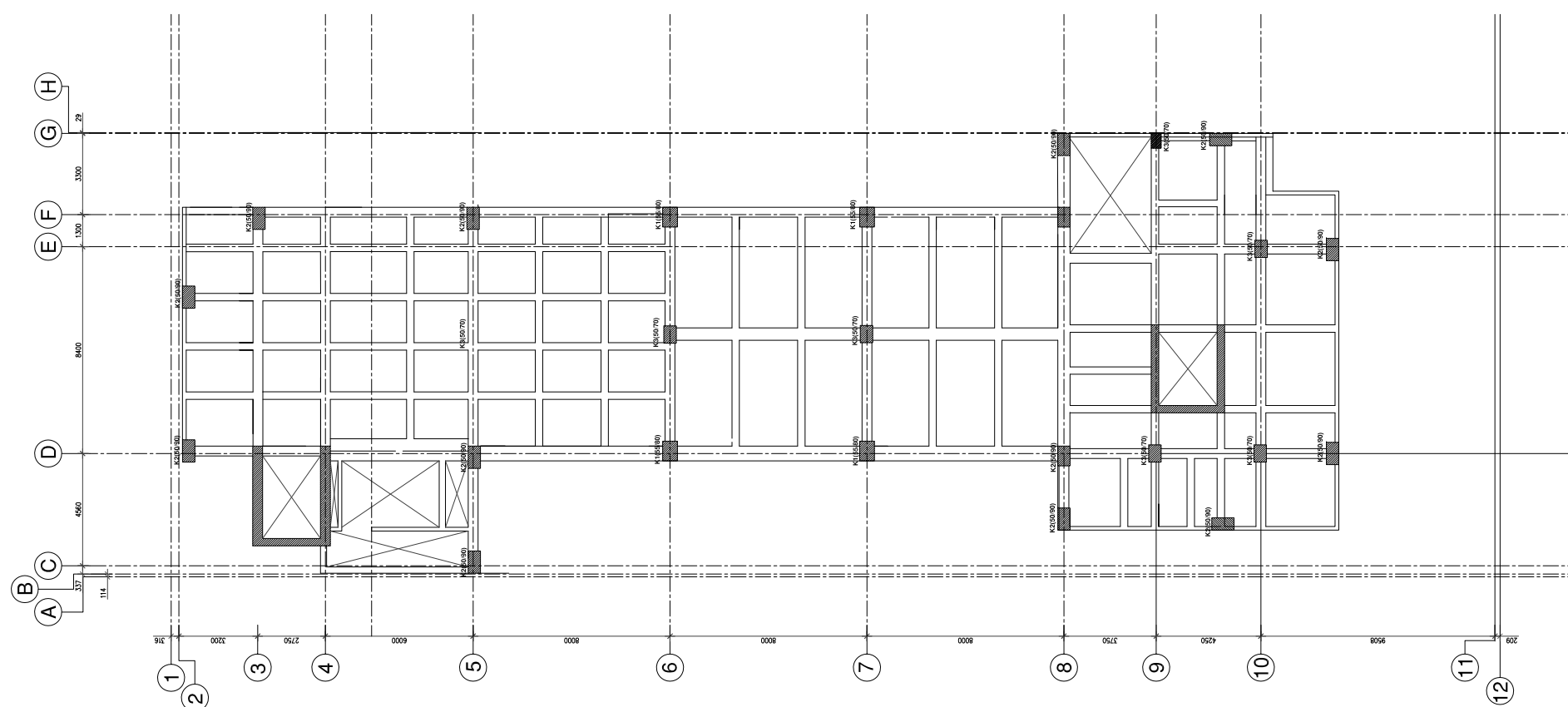
1:100

NOMER GAMBAR

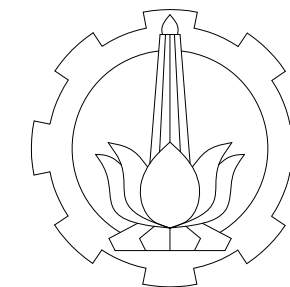
JUMLAH GAMBAR

49

65



DENAH PLAT LANTAI LT.6-LT.7
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA KOLOM LANTAI 8-9 (+24,5 s/d +28,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

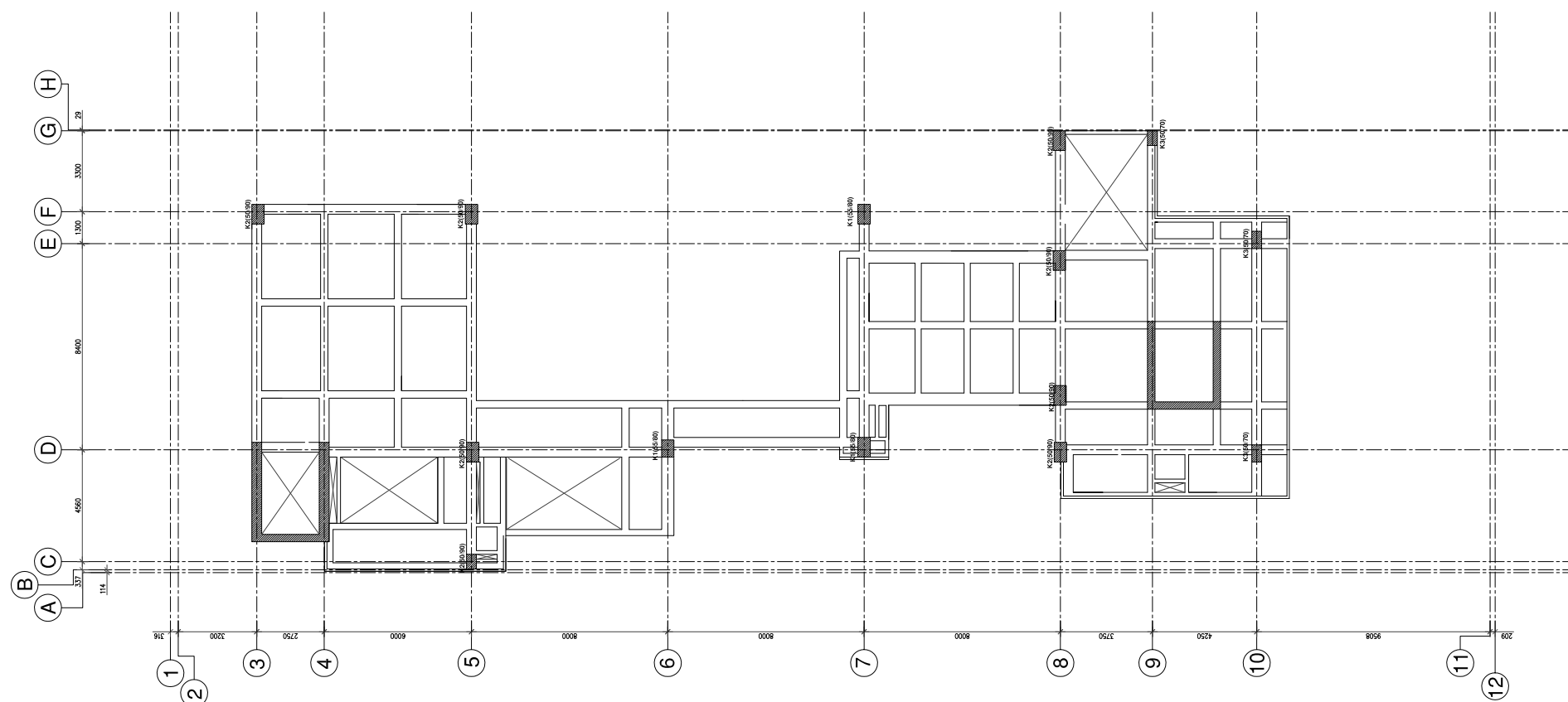
1:100

NOMER GAMBAR

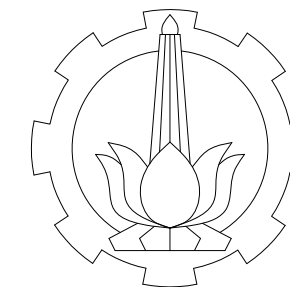
JUMLAH GAMBAR

50

65



DENAH PLAT LANTAI T.8-LT.9
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA KOLOM LANTAI 10-12 (+31,5 s/d +38,0)

KODE GAMBAR

SKALA

STR

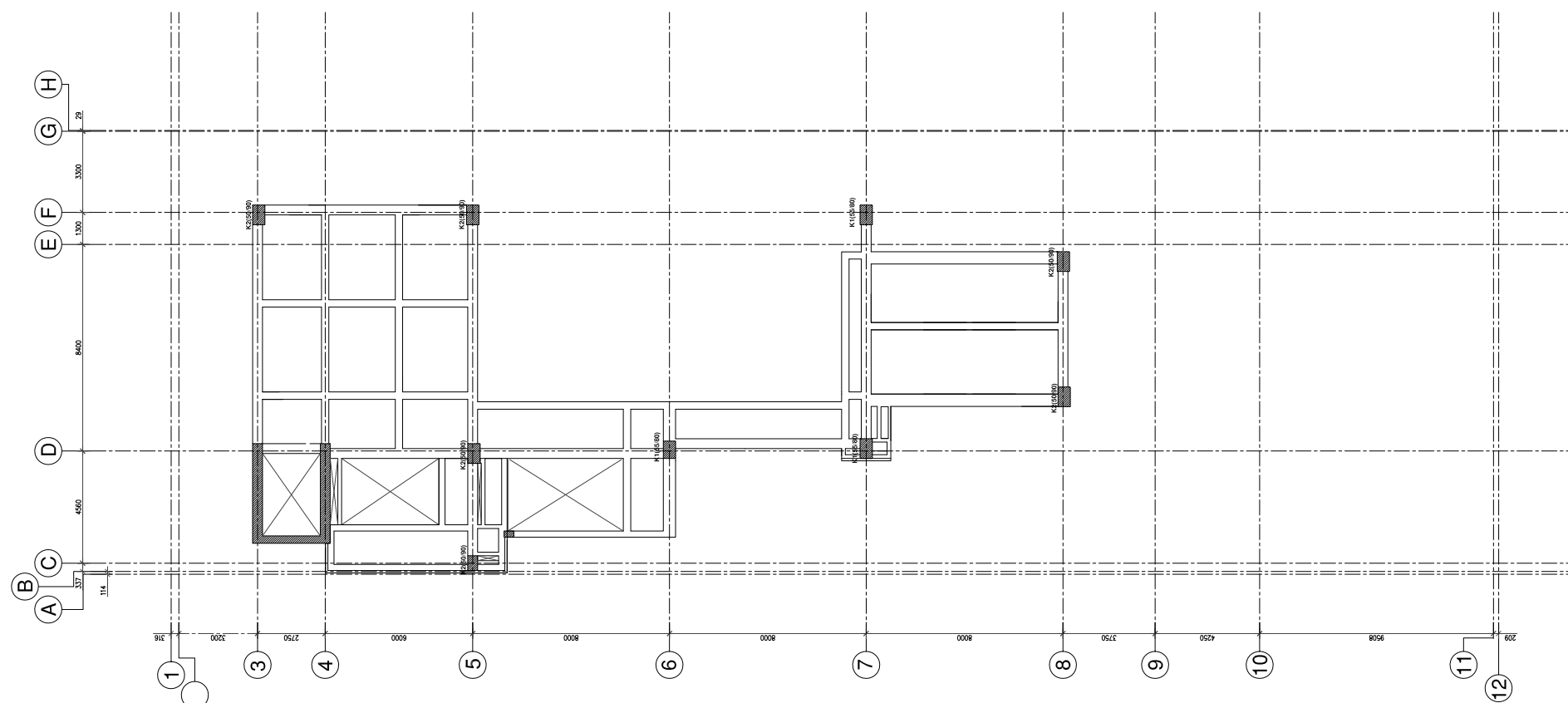
1:100

NOMER GAMBAR

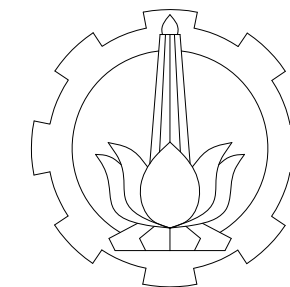
JUMLAH GAMBAR

51

65



DENAH PLAT LANTAI L.10-L.12
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

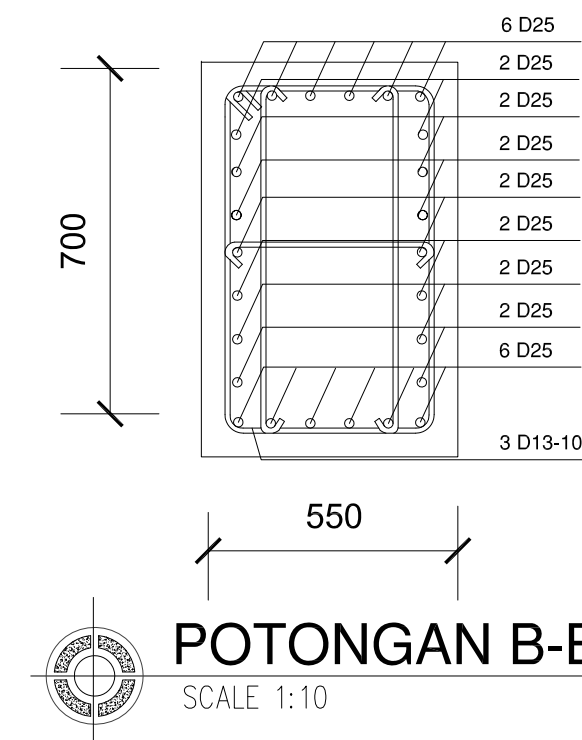
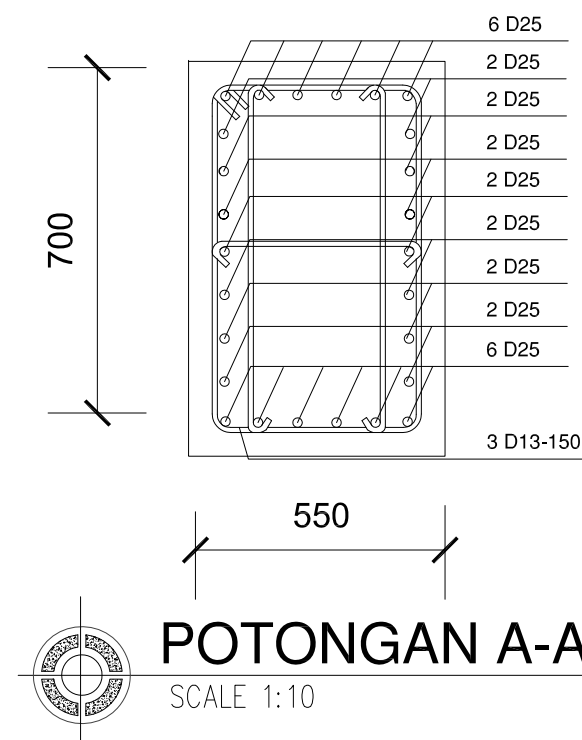
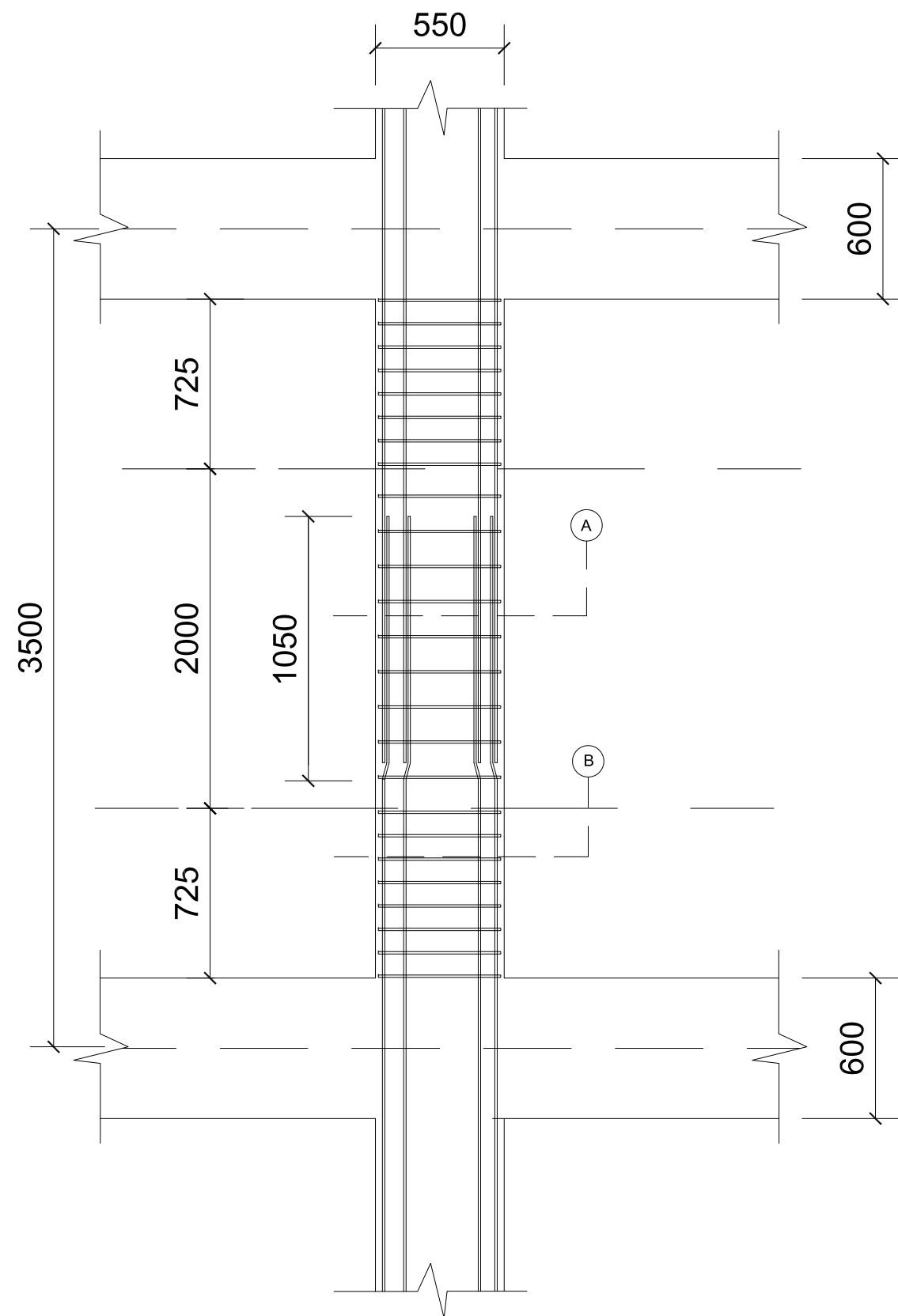
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

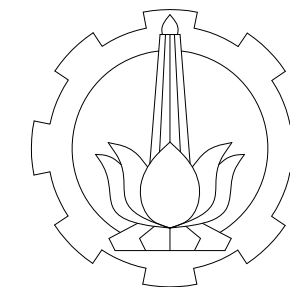
DETAIL PENULANGAN KOLOM K1

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
52	65



 **PENULANGAN KOLOM K1**
 SCALE 1:40

 **POTONGAN B-B**
 SCALE 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN KOLOM K2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

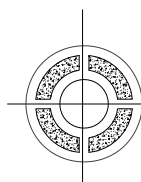
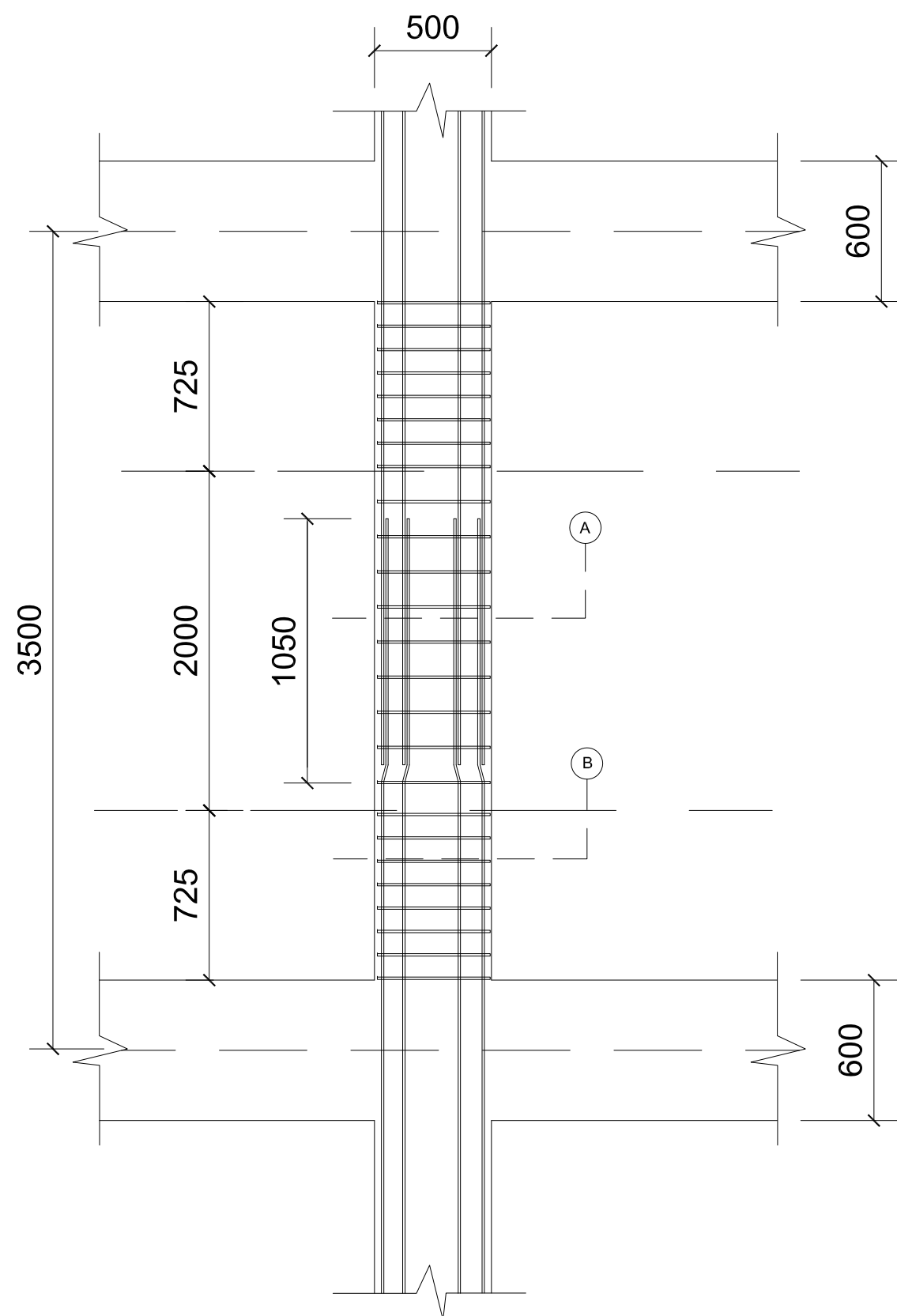
-

NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

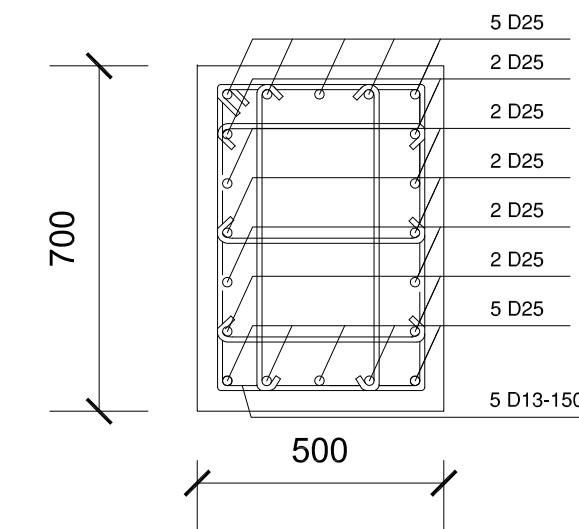
53

65



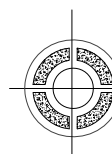
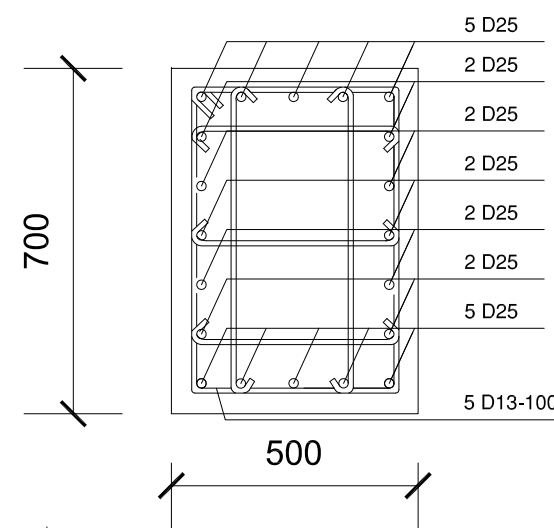
PENULANGAN KOLOM K2

SCALE 1:40



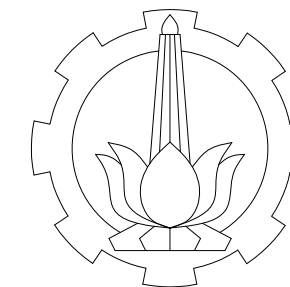
POTONGAN A-A

SCALE 1:10



POTONGAN B-B

SCALE 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

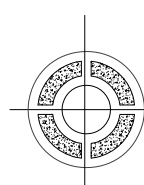
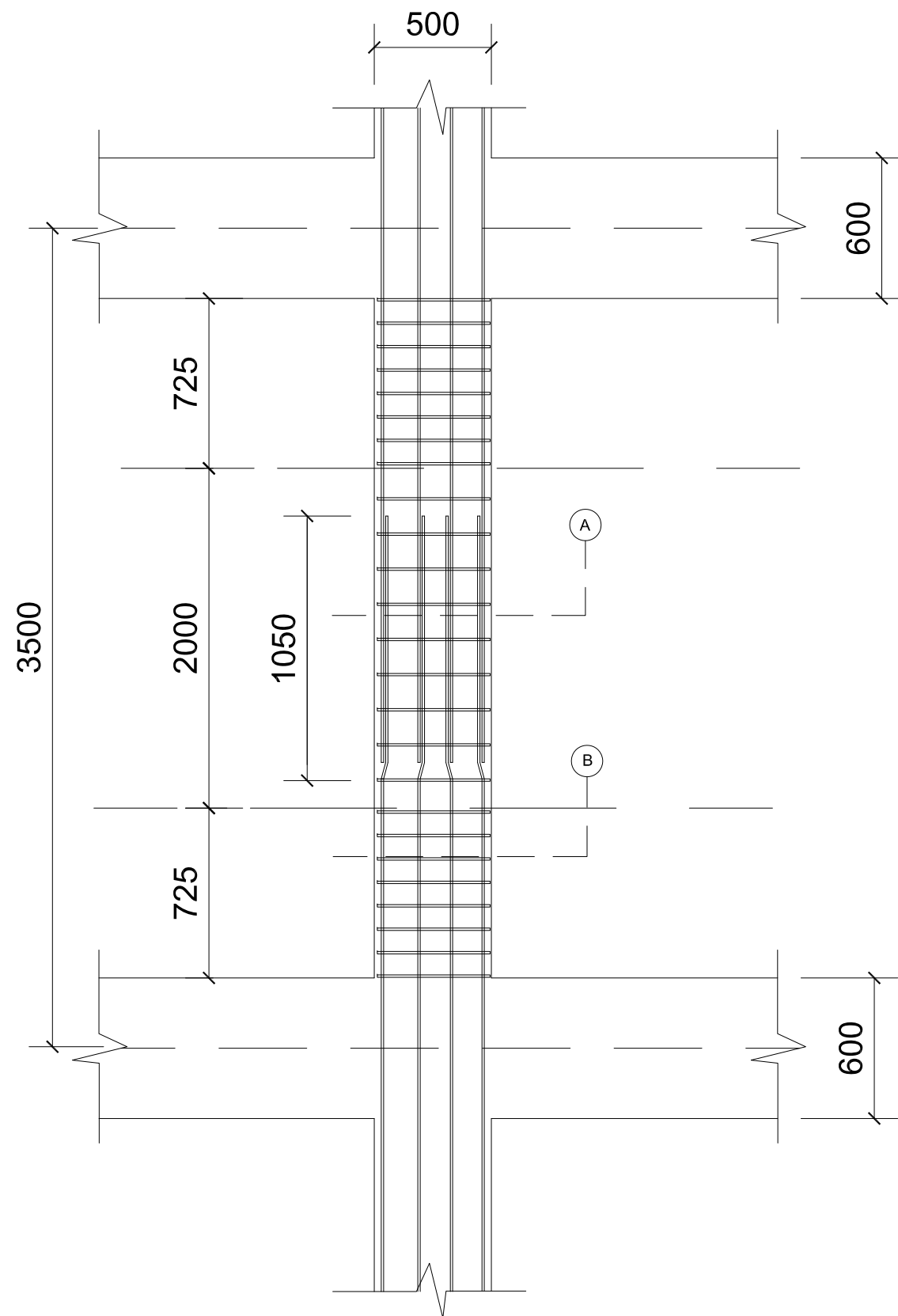
KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

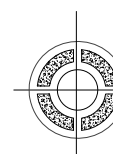
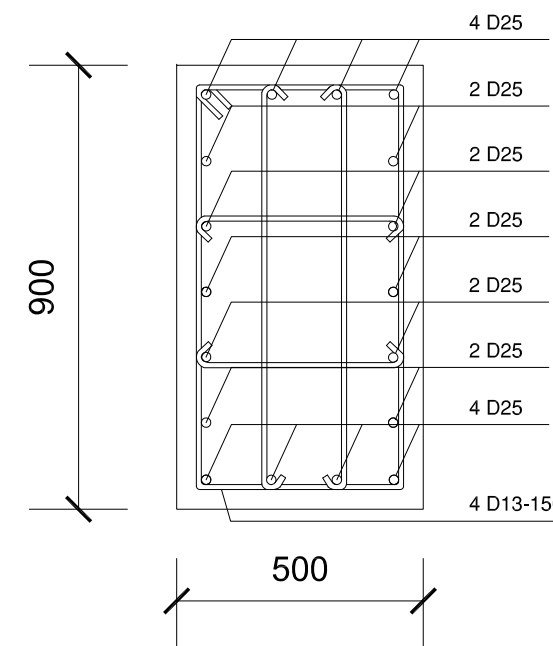
DETAIL PENULANGAN KOLOM K3

KODE GAMBAR	SKALA
STR	-
NOMER GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
54	65



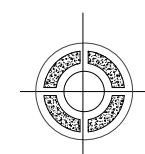
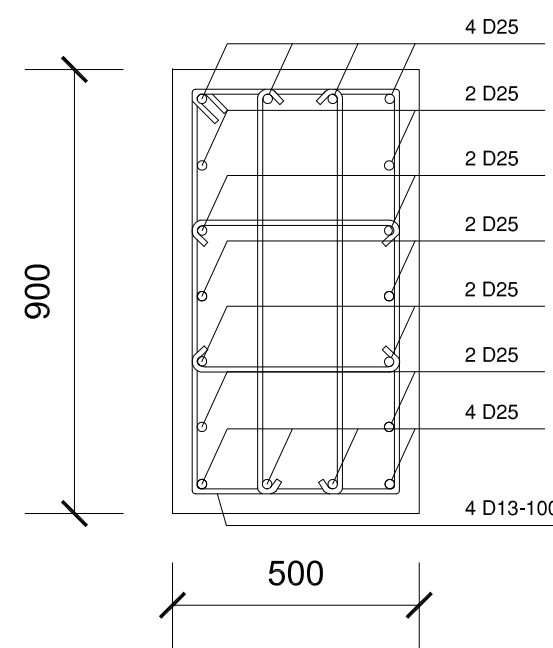
PENULANGAN KOLOM K3

SCALE 1:40



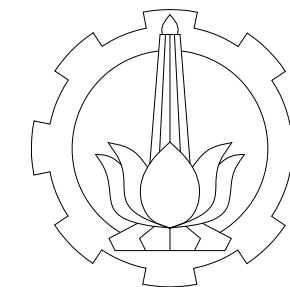
POTONGAN A-A

SCALE 1:10



POTONGAN B-B

SCALE 1:10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K1-K1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

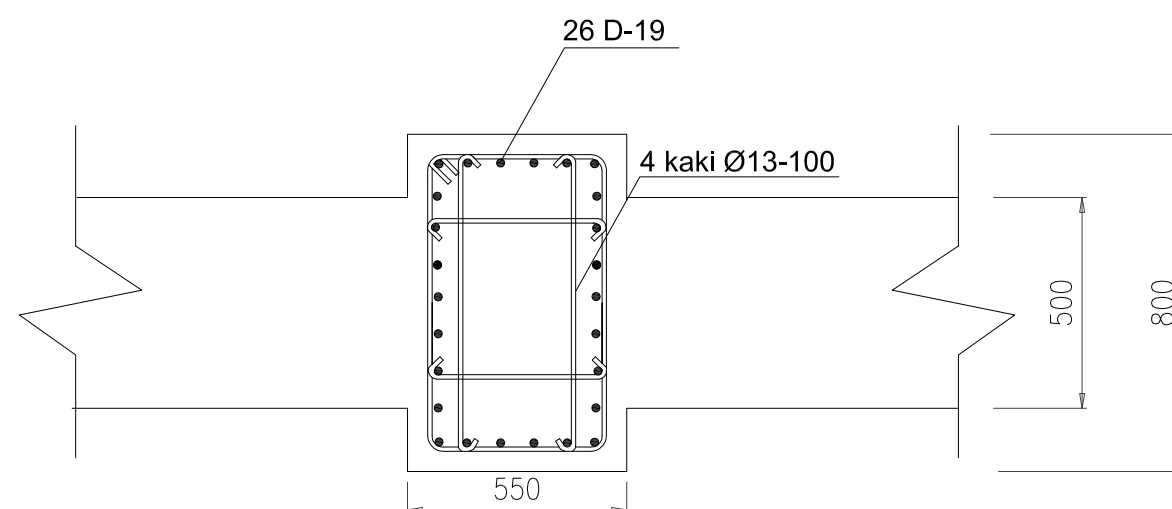
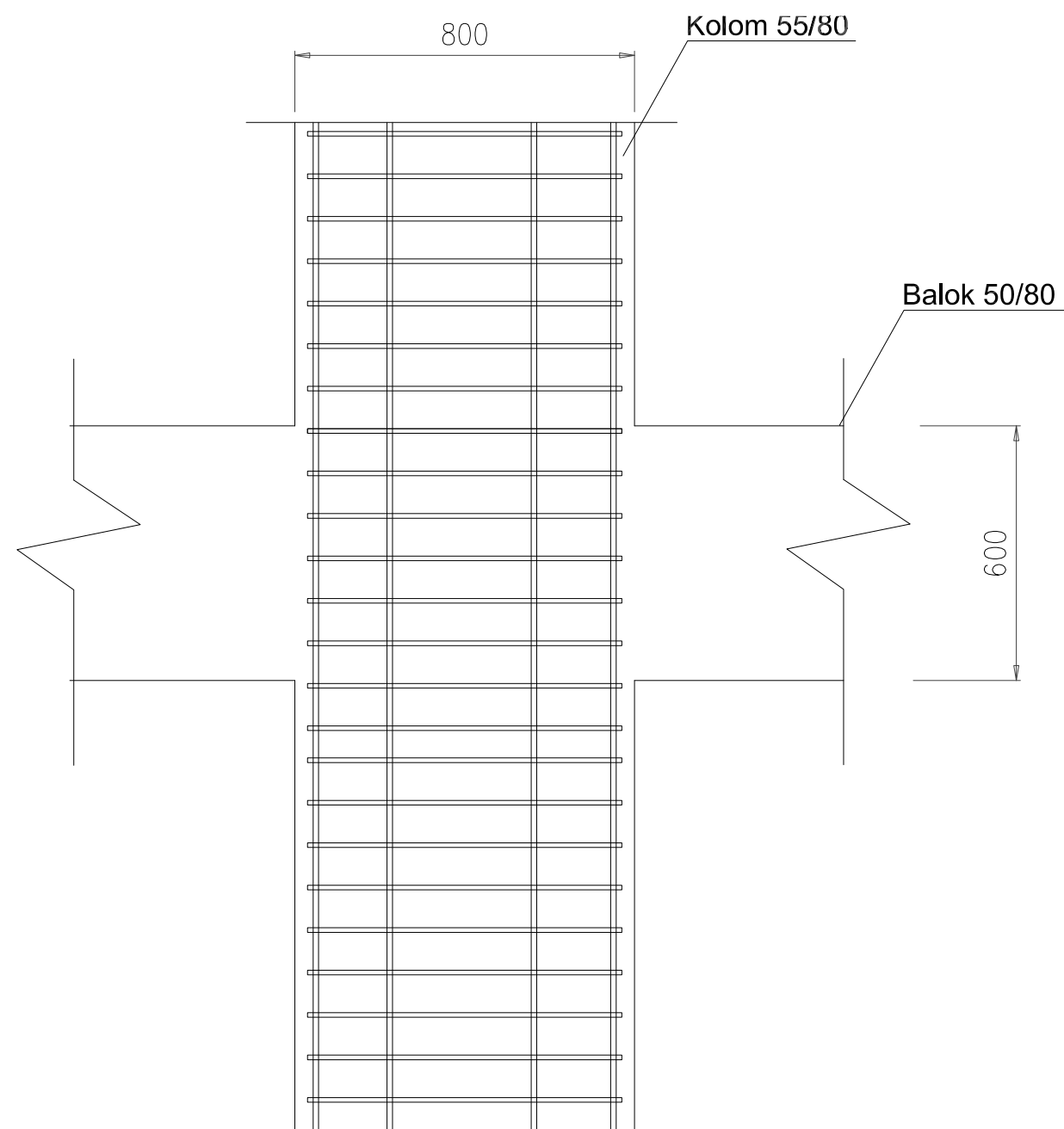
1 : 50

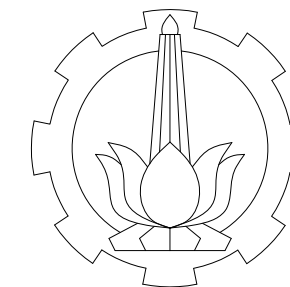
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

55

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K2-K2

KODE GAMBAR

SKALA

STR

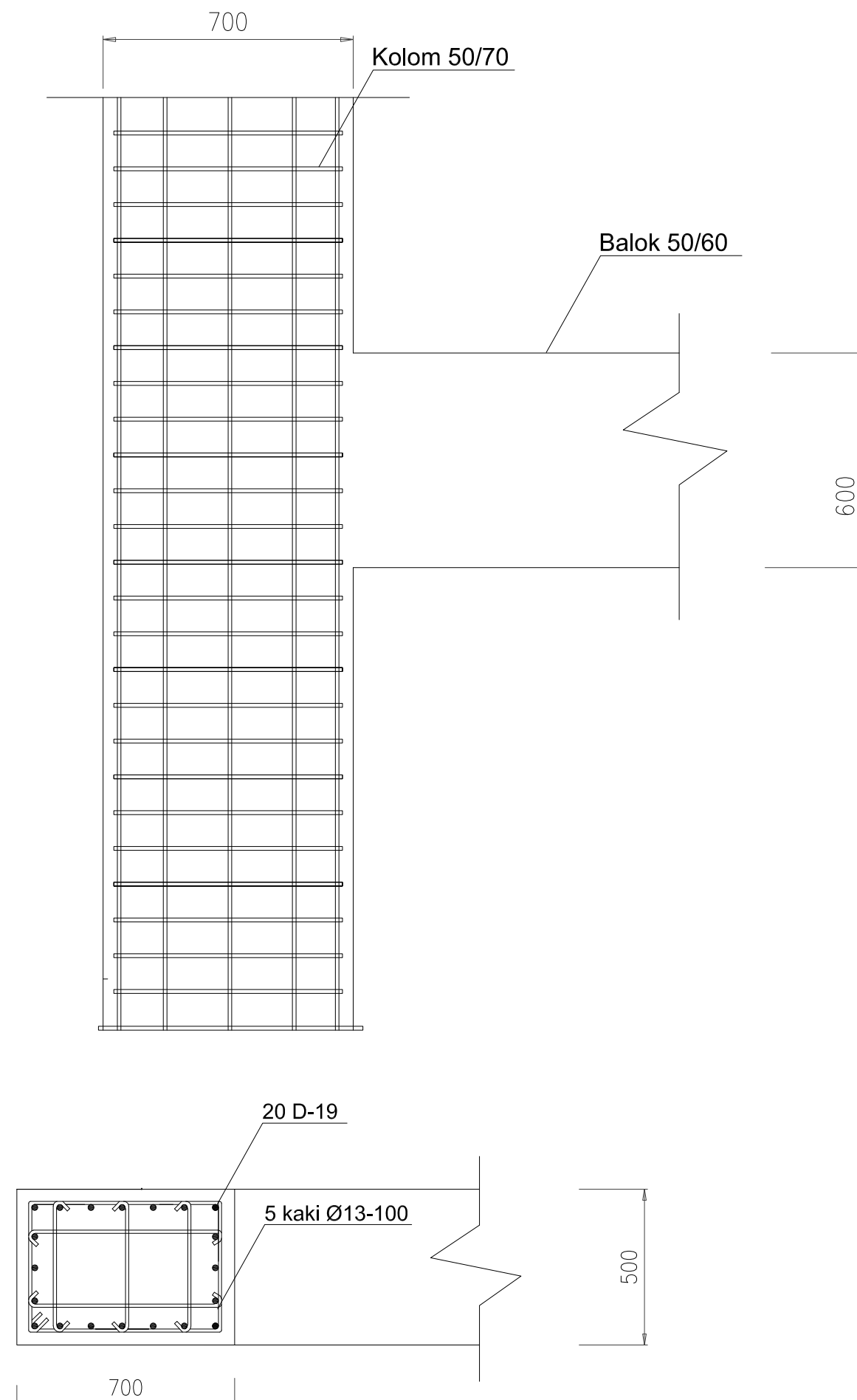
1 : 50

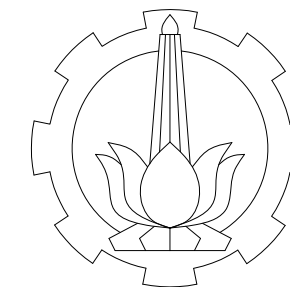
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

56

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM K3-K3

KODE GAMBAR

SKALA

STR

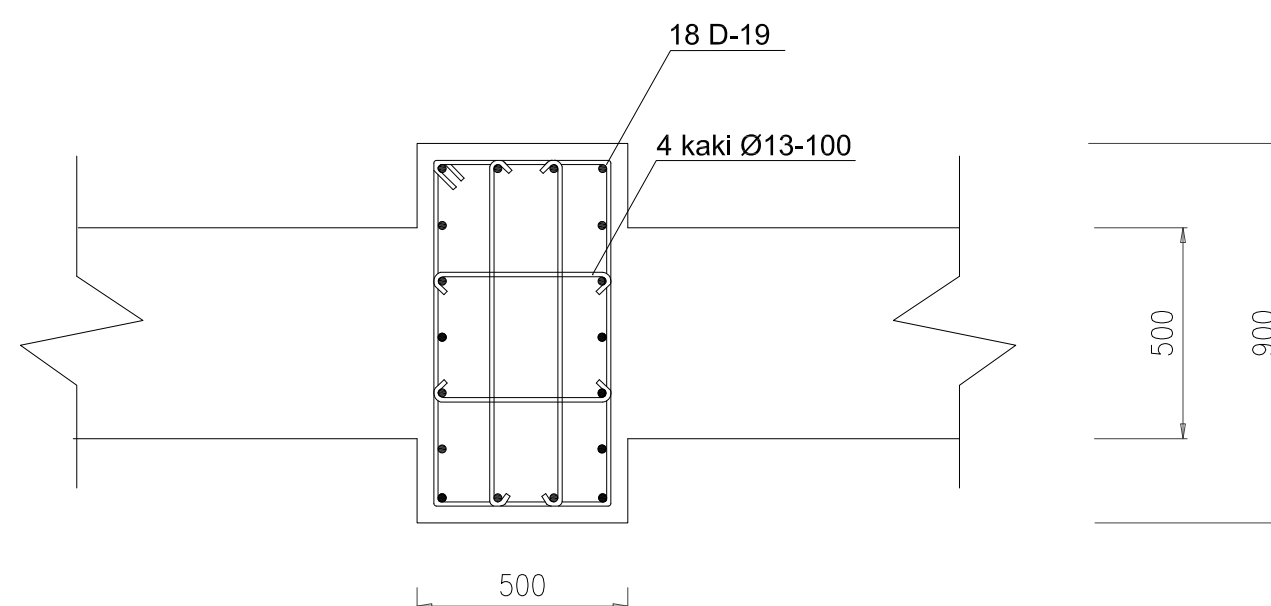
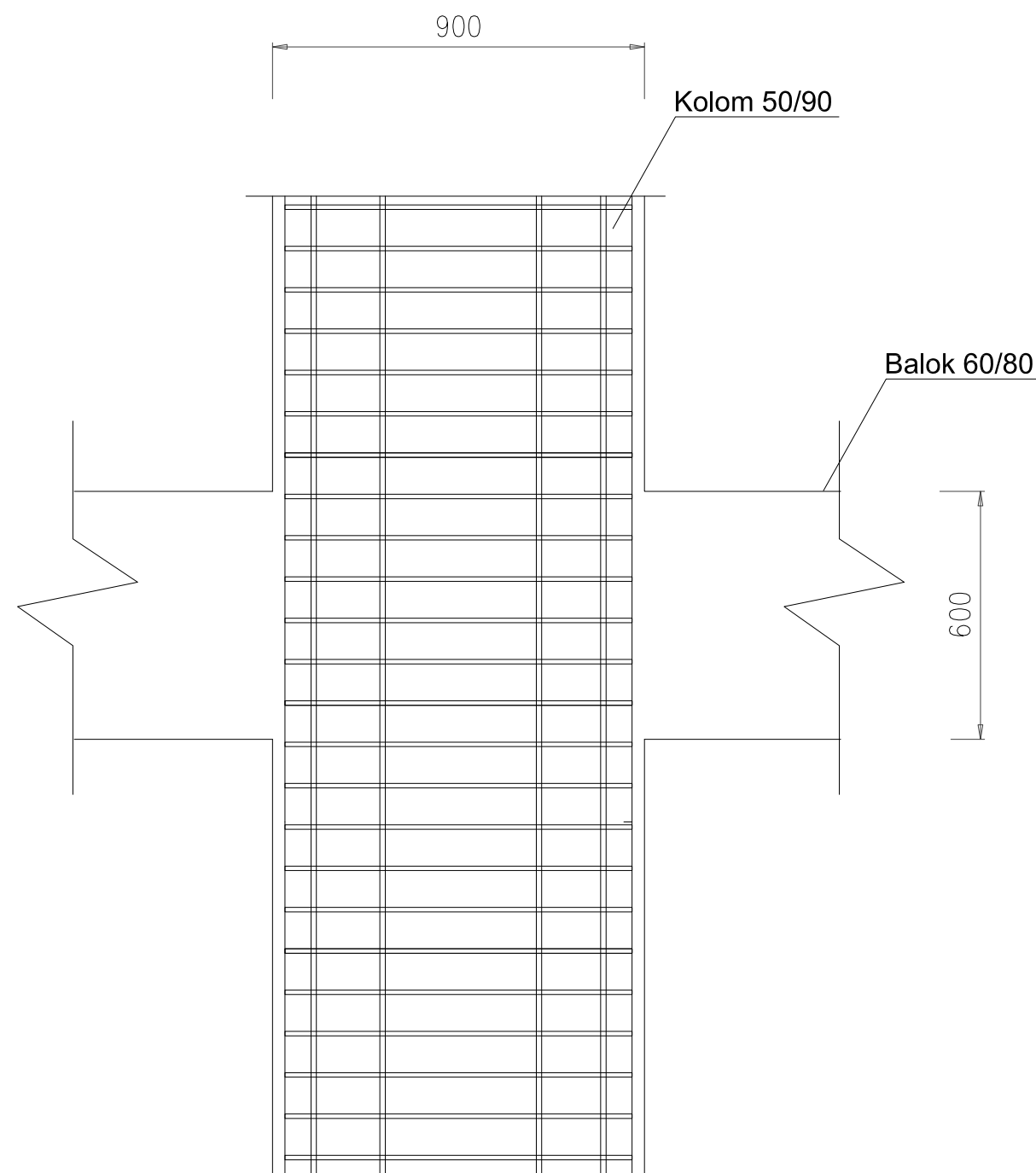
1 : 50

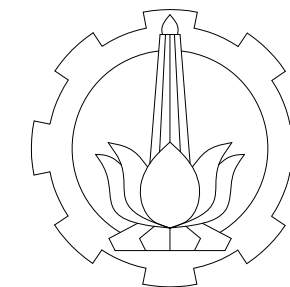
NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

57

65





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA SHEARWALL 1-1 LANTAI 1-11

KODE GAMBAR

SKALA

STR

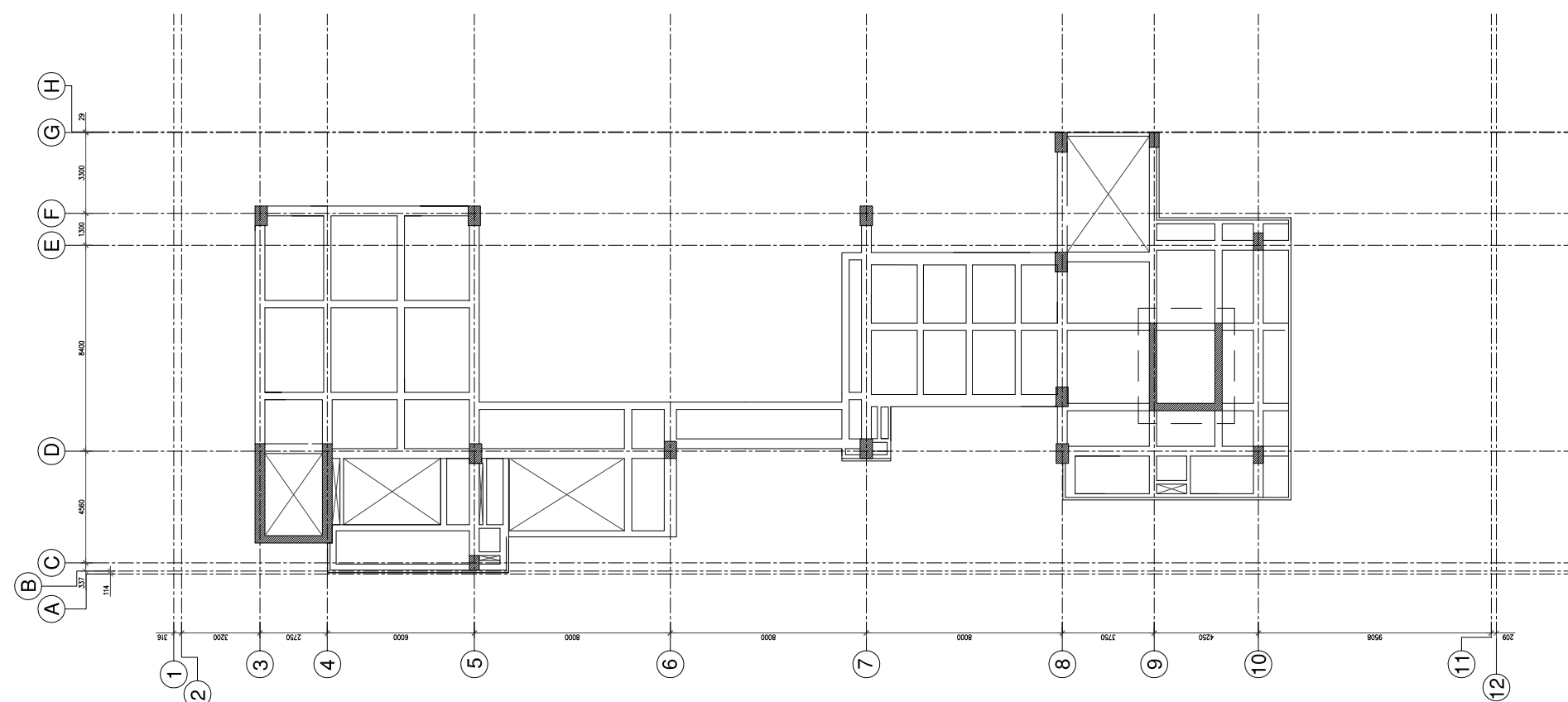
1:100

NOMER GAMBAR

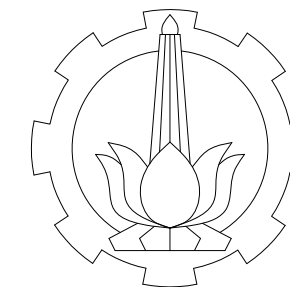
JUMLAH GAMBAR

58

65



RENCANA SHEARWALL 1-1 LT.1-11
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

RENCANA SHEARWALL 2-1 LANTAI 1-12

KODE GAMBAR

SKALA

STR

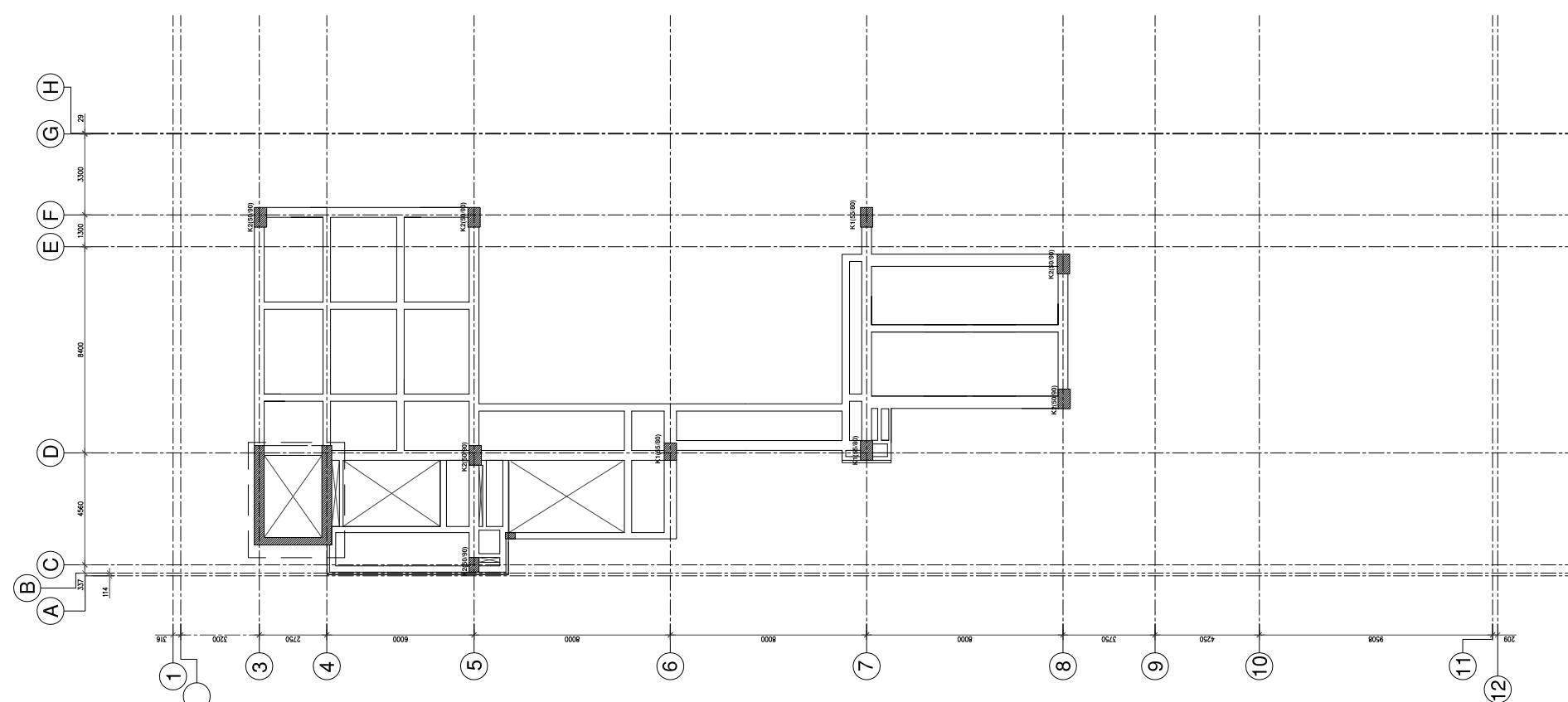
1:100

NOMER GAMBAR

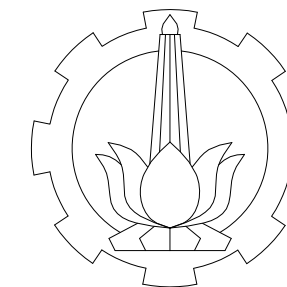
JUMLAH GAMBAR

59

65



RENCANA SHEARWALL 2-1 LT.1-12
SCALE 1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
 PERKANTORAN 12 LANTAI
 DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
 BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
 NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
 NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
 KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
 FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
 FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
 MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN SHEARWALL SW 1-1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

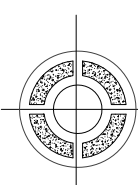
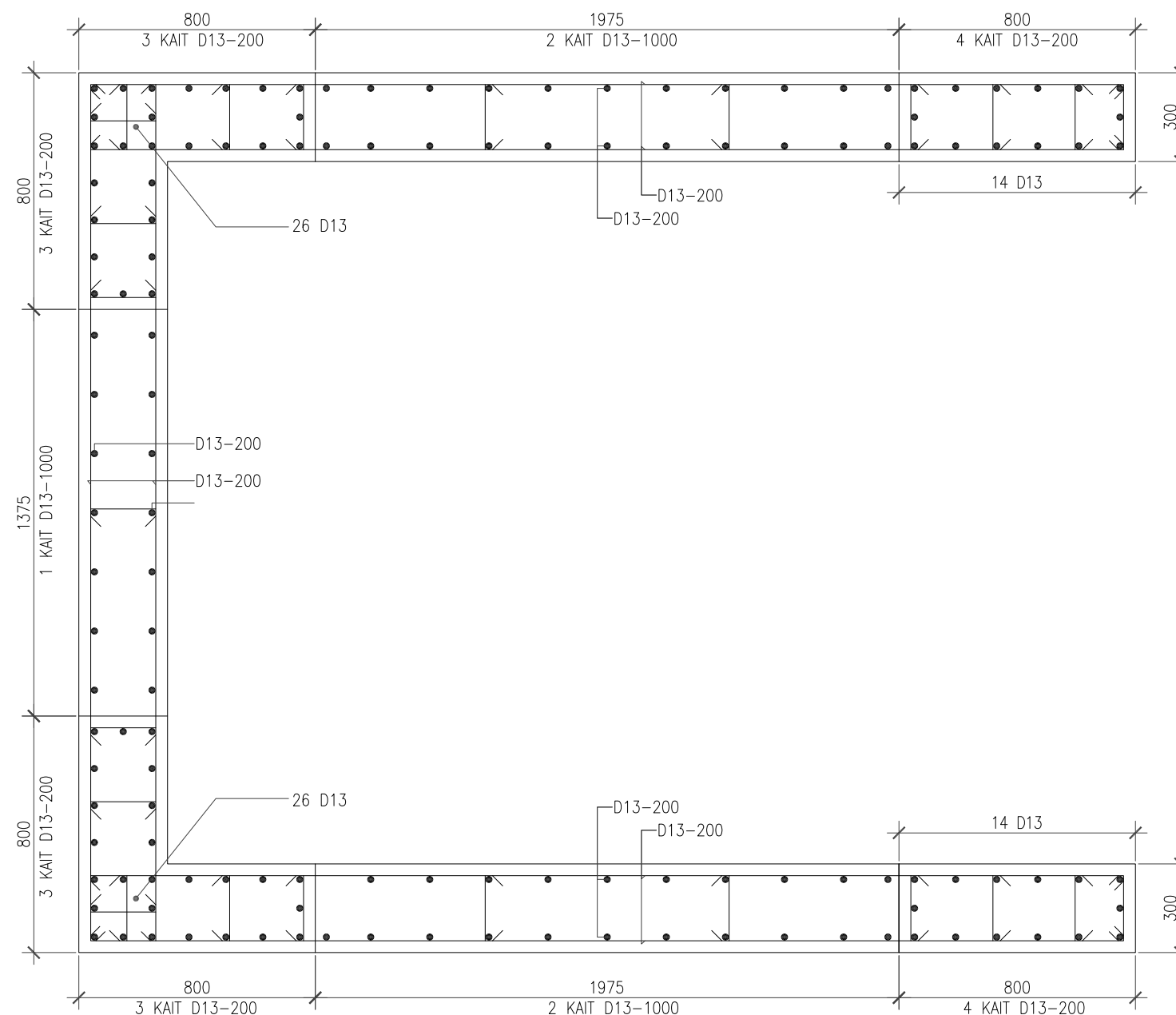
1 : 50

NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

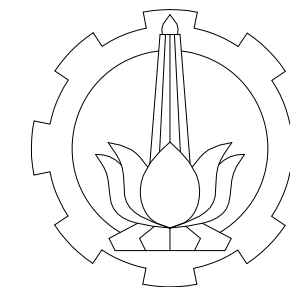
60

65



DETAIL PENULANGAN SW 1-1

SCALE 1:50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
D-IV TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR TERAPAN

PERHITUNGAN DESAIN STRUKTUR GEDUNG
PERKANTORAN 12 LANTAI
DI KOTA SURABAYA DENGAN BEBAN GEMPA PSHA
BERDASARKAN DATA USGS

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, M.S
NIP. 19590209.198603.1.002

NAMA MAHASISWA

Avita Nurul Hidayati
NRP. 10111510000042

KETERANGAN

FUNGSI BANGUNAN : BANGUNAN KANTOR
KONDISI TANAH : TANAH LUNAK
FC' PLAT DAN BALOK : 25 Mpa
FC' KOLOM DAN SW : 35 Mpa
MUTU BAJA : 500 Mpa

KETERANGAN

DETAIL PENULANGAN SHEARWALL SW 1-1

KODE GAMBAR

SKALA

STR

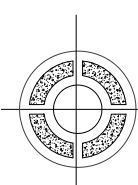
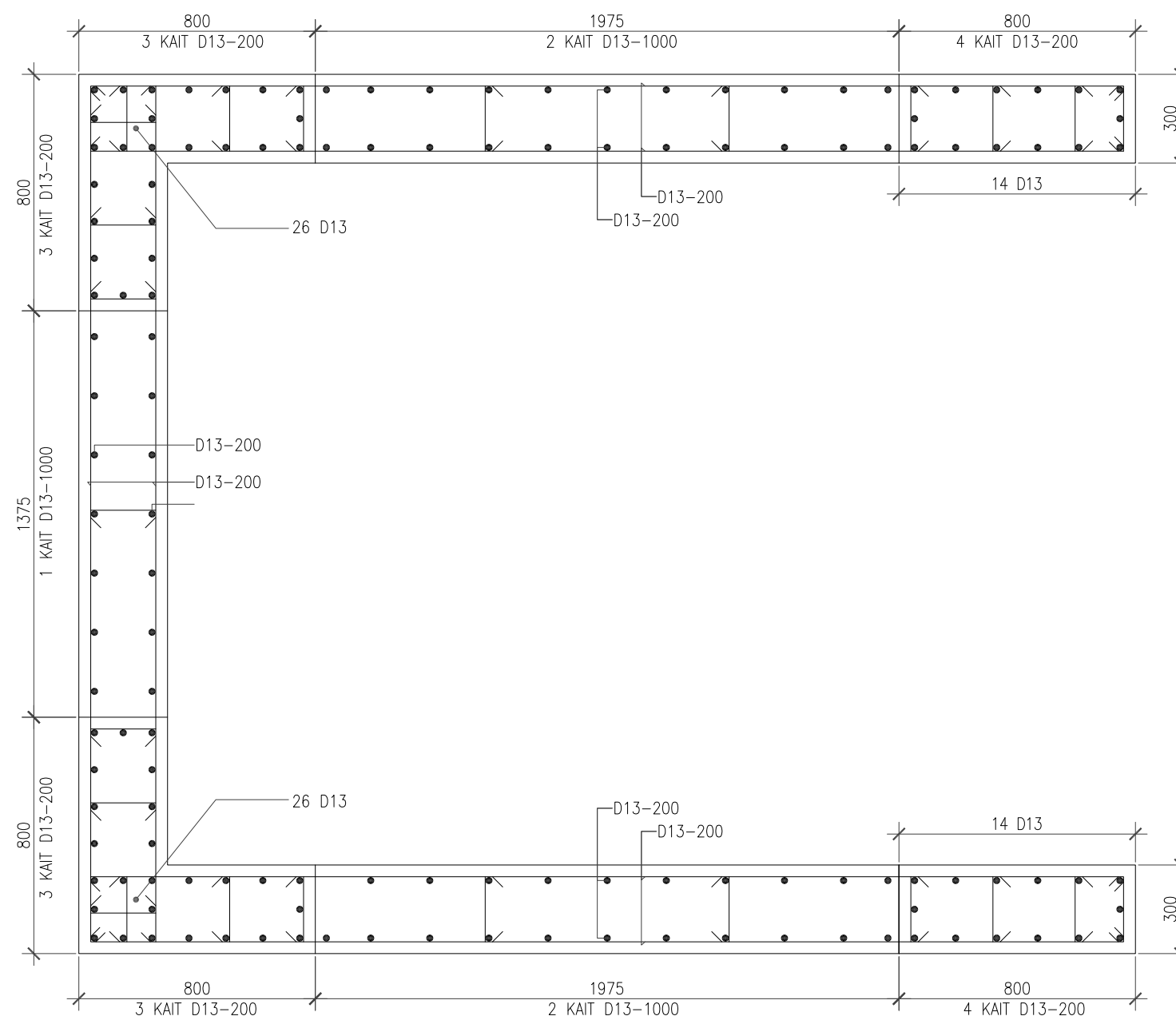
1 : 50

NOMER GAMBAR

JUMLAH GAMBAR

61

65



DETAIL PENULANGAN SW 1-1

SCALE 1:50