



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR - VC191845

EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR PADA GEDUNG HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI 1726-2019

Rheza Eka Firmansyah

NRP 2035201051

Dosen Pembimbing 1

Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP. 197402032002121002

Dosen Pembimbing 2

Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.

NIP. 197201151998021001

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN
BANGUNAN SIPIL**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PROYEK AKHIR - VC191845

**EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR PADA GEDUNG
HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT PERUBAHAN
PERATURAN GEMPA SNI 1726-2019**

Rheza Eka Firmansyah

NRP 2035201051

Dosen Pembimbing 1

Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP. 197402032002121002

Dosen Pembimbing 2

Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.

NIP. 197201151998021001

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN
BANGUNAN SIPIL**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2022



FINAL PROJECT - VC191845

**EVALUATION AND STRUCTURAL REINFORCEMENT OF
THE HOTEL BUILDING 13 FLOOR CIKARANG DUE TO
CHANGES EARTHQUAKE REGULATION SNI 1726-2019**

Rheza Eka Firmansyah

NRP 2035201051

Advisor 1

Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

NIP. 197402032002121002

Advisor 2

Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.

NIP. 197201151998021001

**APPLIED UNDERGRADUATE STUDY PROGRAM OF CIVIL BUILDING MANAGEMENT
AND MAINTENANCE ENGINEERING TECHNOLOGY**

CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTEMENT

FACULTY OF VOCATION

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

2022

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

"EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR PADA GEDUNG HOTEL HOTEL 13
LANTAI CIKARANG AKIBAT PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI 1726-2019"

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
Pada Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember


Oleh : **RHEZA EKA FIRMANSYAH**
NRP. 2035201051


Disetujui oleh Penguji Tugas Akhir :

1. Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
2. Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.
3. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
4. Ir. Sungkono, CES.

Pembimbing 1  07/06/22

Pembimbing 

Penguji 1 

Penguji 2 

SURABAYA

JUNI 2022

01 AUG 2022

APPROVAL SHEET

"EVALUATION AND STRUCTURAL REINFORCEMENT OF THE HOTEL BUILDING 13 FLOOR CIKARANG DUE TO CHANGES EARTHQUAKE REGULATION SNI 1726-2019"

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements for obtaining a degree in applied science at Department of Civil Infrastructure Engineering, Faculty of Vocational, Institut Teknologi Sepuluh Nopember



By : **RHEZA EKA FIRMANSYAH**
NRP. 2035201051

Approval by Final Project Examiner Team :

1. Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
2. Dr. Nur Ahmad Husin, ST., MT.
3. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
4. Ir. Sungkono, C.E.S.



Advisor

Anugraha 28/07/22

Co-Advisor

Nur Ahmad Husin

Examiner

Ibnu Pudji Rahardjo

Examiner

Sungkono

SURABAYA

JUNE 2022

01 AUG 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Program studi : Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan
Bangunan Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi dan Perkuatan Struktur Gedung Hotel 13 Lantai Cikarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing 1



Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 197402032002121002



Surabaya, Juni 2022

Mahasiswa



Rheza Eka Firmansyah
NRP. 2035201051

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of Student / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Departement : Civil Infrastructure Engineering
Advisor : Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

Hereby declare that the Final Project with the title of “Evaluation and Structural Reinforcement of The Hotel Building 13 Floor Cikarang Due To Changes Earthquake Regulation SNI 1726-2019” is the result of my own work, is original, and written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Sepuluh Nopember Institute of Technology.

Surabaya, June 2022

Acknowledge
Advisor



Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
NIP. 197402032002121002



Student



Rheza Eka Firmansyah
NRP. 2035201051

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Program studi : Teknologi Rekayasa Pengelolaan dan Pemeliharaan
Bangunan Sipil
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.,

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi dan Perkuatan Struktur Gedung Hotel 13 Lantai Cikarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing 2



Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.,
NIP. 197201151998021001



Surabaya, Juni 2022

Mahasiswa



Rheza Eka Firmansyah
NRP. 2035201051

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of Student / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Departement : Civil Infrastructure Engineering
Advisor : Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.

Hereby declare that the Final Project with the title of “Evaluation and Structural Reinforcement of The Hotel Building 13 Floor Cikarang Due To Changes Earthquake Regulation SNI 1726-2019” is the result of my own work, is original, and written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Sepuluh Nopember Institute of Technology.

Surabaya, June 2022

Acknowledge
Co-Advisor



Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.,
NIP. 197201151998021001



Student



Rheza Eka Firmansyah
NRP. 2035201051



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2021/2022

Nomor BA :

Nomor Jadwal : **96**

Program Studi : D4 Teknik Sipil (TRPPBS)
Diinput oleh : R. Buyung Anugraha A., ST., MT.
Bahwa pada hari ini : Rabu, 20 Juli 2022 Pukul : 11:00 s/d 13:00
Di tempat : R-4

Telah dilaksanakan sidang Tugas Akhir dengan judul :

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT PERUBAHAN GEMPA SNI 1726-2019

Yang dihadiri dan dipresentasikan oleh mahasiswa : (Hadir / Tidak Hadir)
RHEZA EKA FIRMANSYAH **Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing: (Hadir / Tidak Hadir)
1 **Raden Buyung Anugraha Affandhie, S.T., M.T.** **Hadir**
2 **Nur Achmad Husin, S.T., M.T.** **Hadir**
3 **Tidak Hadir**

Yang dihadiri oleh dosen Penzuii : (Hadir / Tidak Hadir)
1 **Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.** **Hadir**
2 **Ir. Sungkono, CES.** **Hadir**
3 **Tidak Hadir**

Bahwasanya, musyawarah pembimbing dan penguji pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

RHEZA EKA FIRMANSYAH
LULUS, DENGAN REVISI MINOR

Catatan / revisi / masukan :

1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 - a Detail perhitungan kapasitas pondasi berdasarkan kapasitas per tiang pancang
 - b Ditambahkan perhitungan kapasitas pile cap
 - c Cek kembali kapasitas kolom terhadap balok, apakah konsep strong column weak beam masih sesuai
 - d Cek kembali kapasitas pondasi terhadap dari gaya dalam kolom
 - e
 - f
 - g

2. Ir. Sungkono, CES.

- a Cek kekuatan pada pelat beton, apa penyebab terjadinya perkuatan pada pelat ?
- b Cek kembali perhitungan momen ultimate yang terjadi pada pelat.
- c Judul diperbaiki, ditambahkan perkuatan struktur.
- d
- e
- f

3.

- a
- b
- c
- d
- e
- f

Tindak lanjut :

Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.





ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Rheza Eka F
NRP : 2085201057

Judul Tugas Akhir : Ekstensi Struktur Pada Gedung Hotel 13 Lantai Cikarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019

Dosen Pembimbing : Bapak Raden Buyung A. A.

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1	23/09 21	Beban angin tetap diinput Beban Lift ditambahkan di G14A & G15 berupa beban titik Kombinasi beban ditambah untuk pondasi Lanjut ke permodelan 2019		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
2	19/10 21	Kategori eksposur → Radiun area zona eksposur Dibuat grafik simpangan antar lantai		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
3	19/11 21	Kombinasi beban pondasi → Beban tjin DL+LL Ditambah beban gempa 1DL+1LL+1E		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
4	02/12 21	Beban Envelope decek kombinasi apa Garis torsi pada elemen balok		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
5	21/04 22	Pbedakan tipe perkuatan sesuai kebutuhan Beban pelat → Polos beban gravitasi saja Bandingkan U_c & U_s		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>

Keterangan :

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Ehea Eka F
 NRP : 2035201051
 Judul Tugas Akhir : Evaluasi Struktur Pada Gedung Hotel 13 Lantai Okarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019
 Dosen Pembimbing : Bapak Raden Buyung A. A.

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
6	09/06/22	Cek kapasitas kolom berdasarkan tipe kolom Perkuatan lentur tanro, bisa dipakai 2 strip		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
7	20/06/22	Revisi Gambar perkuatan pelat sesuaikan strip RAB Perkuatan ditambah waste 10%.		B <input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K <input type="checkbox"/>
8	22/06/2022	Asistensi Laporan. Ditambah lampiran & pengantar Perbaiki kesimpulan berdasarkan tujuan FA Saran, Ditambah Daftar isi Gambar.		B <input checked="" 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"/>

Keterangan :

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Rhicza Eka F
 NRP : 2035201051

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Struktur Bala Gedung Hotel 13 Lantai Cikarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019

Dosen Pembimbing: Bapak Mir Ahmad Husin

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
1	09/10/21	→ Konfirmasi respons spektrum dan peta gempa dengan pustaka → Perbedaan simpangan lantai & simpangan maks. → Kecepatan angin, U. Cek data dan BMKG	<u>Aurah</u>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	11/06/21	→ Perbandingan gempa 2012 dg 2019 → Arah angin 1 arah saja, cenderung barat-timur → Pondasi cek semua titik	<u>Aurah</u>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	27/11/21	→ Verifikasi kombinasi 1D + 1L pada pondasi → Verifikasi gempa minus	<u>Aurah</u>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	22/12/21	→ Beban hidup hotel disesuaikan dengan daerah → Auto mesh per 50 cm → Cek kembali skala faktor (maks 16x) → Berat hebel < 250 kg/m ²	<u>Aurah</u>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	17/05/22	→ Cek persamaan tul telah atau belum telah → Cek ukuran balok 600x1200, kenapa ukurannya besar?	<u>Aurah</u>	B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Keterangan :

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : Rhuza Eba F
NRP : 2035201051

Judul Tugas Akhir : Evaluasi Struktur Bada Gedung Hotel 13 Lantai Cikarang Akibat Perubahan Peraturan Gempa SNI 1726-2019

Dosen Pembimbing : Bapak Nur Ahmad Husin

NO	TGL	TUGAS/MATERI YANG DIBAHAS	TANDA TANGAN	KETERANGAN
6	20/06 2022	<p>→ Perbaiki tshlah nominal dan ultimate.</p> <p>→ Cek kembali Kapasitas pelat dan beban ultimatonya</p>		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
				B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Keterangan :

- B = Lebih cepat dari jadwal
- C = Sesuai dengan jadwal
- K = Terlambat dari jadwal

“EVALUASI DAN PERKUATAN STRUKTUR PADA GEDUNG HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI 1726-2019”

Mahasiswa / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam Tugas akhir terapan ini mengambil studi kasus pada salah satu bangunan hotel yang terletak Cikarang Selatan, Bekasi, Jawa Barat 17550. Bangunan ini terdiri dari 13 lantai dan 1 atap *dack* beton. Bangunan ini dibangun pada tahun 2014 sehingga dalam perencanaannya menggunakan peraturan gempa SNI 1726-2012. Berubahnya nilai gempa pada peraturan gempa SNI 1726-2019, gedung ini perlu ditinjau ulang agar dapat meminimalisir risiko akibat bencana gempa bumi. Apabila tidak ditinjau, akan menimbulkan kerugian yang besar baik secara materiil maupun korban jiwa.

Dalam studi ini, bangunan akan dianalisis kekuatannya agar mengetahui apakah elemen struktur eksisting masih mampu memikul gaya-gaya dalam yang terjadi akibat adanya perubahan peraturan gempa. Pada elemen struktur akan dihitung ulang kapasitasnya dan mempertahankan bentuk eksisting karena bangunan sudah beroperasi. Dalam analisis ini menggunakan peraturan terbaru untuk perhitungan struktur dan pembebanan, sedangkan untuk beban gempa mengacu kepada peraturan gempa 2012 dan peraturan gempa 2019.

Hasil analisis didapatkan kapasitas lentur pelat dan geser balok tidak memenuhi kapasitas yang yang diperlukan, sehingga dilakukan perkuatan. Perkuatan lentur pelat menggunakan Sika Carbodur berbentuk pelat tipis sedangkan perkuatan geser balok menggunakan Sika Wrap berbentuk serat fiber.

Kata Kunci : Evaluasi, Kapasitas, Perkuatan Struktur

**“EVALUATION AND STRUCTURAL REINFORCEMENT OF THE HOTEL
BUILDING 13 FLOOR CIKARANG DUE TO CHANGES EARTHQUAKE
REGULATION SNI 1726-2019”**

Student Name / NRP : Rheza Eka Firmansyah / 2035201051
Department : Teknik Infrastruktur Sipil
Advisor 1 : Raden Buyung Anugraha A., ST., MT.
Advisor 2 : Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT.

ABSTRACT

In this applied final project, we did a case study on a hotel building located in South Cikarang, Bekasi, West Java 17550. This building is 13 story high with a concrete roof. This building was built in 2014 so that in its planning it utilizes the SNI 1726-2012 earthquake regulations. Changes in the value of the earthquake in the earthquake regulation SNI 1726-2019, the building needs to be reviewed in order to minimize the risk perpetrated by earthquakes. Lest it causing huge losses in both material and fatalities.

In this study, the strength of the building will be analyzed in order to determine whether the existing structural elements are still able to withstand the internal forces that occur due to changes in earthquake regulations. The capacity of the structural elements will be recalibrated while still maintaining the existing form since the building is already operating. In this analysis, the building will be used latest regulations for structural calculations and loading, while the earthquake load refers to the 2012 earthquake regulations and 2019 earthquake regulations

The results of the analysis showed that the flexural capacity of the slab and the shear of the beam did not meet the required capacity, so that reinforcement was carried out. The flexural reinforcement of the plate uses Sika Carbodur in the form of a thin plate, while the shear reinforcement of the beam uses Sika Wrap in the form of fiber.

Keywords: Evaluation, Capacity, Structural Reinforcement

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan baik. Dalam penyusunan Proyek Akhir ini, penyusun banyak menerima bimbingan, bantuan dan dorongan yang sangat berarti dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Orang tua dan segenap keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan baik doa dan materiil, dan juga selalu memberikan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini dengan baik.
2. Bapak R. Buyung Anugraha A., ST., MT. dan Bapak Dr. Nur Achmad Husin, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan dan petunjuk dalam penyusunan proyek akhir ini.
3. Teman-teman yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuan kepada penulis.
4. Segenap Dosen dan Staf Jurusan Teknik Sipil.
5. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung terselesaikannya laporan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Proyek Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan. Kritik dan saran maupun masukan yang membawa kearah perbaikan dan bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya, besar harapan penulis, semoga Proyek Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surabaya, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iv
APPROVAL SHEET	v
PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
BERITA ACARA	x
LEMBAR ASISTENSI	xii
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
KATA PENGANTAR	xviii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Struktur	5
2.1.1 Klasifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen	5
2.1.2 Ketentuan Perencanaan Pembebanan	6
2.2 Analisis Penampang Struktur	15
2.3 Desain Perkuatan Struktur	16
BAB III METODELOGI	19
3.1 Umum	19
3.2 Bagan Alur Penyelesaian Tugas Akhir	19
3.3 Pengumpulan Data	20
3.4 Acuan	21
3.5 Pembebanan Struktur	22
3.6 Permodelan dan Analisis Struktur	23
3.7 Perhitungan Kapasitas Struktur	24
3.8 Evaluasi Kekuatan Struktur	24

3.9	Perhitungan Perkuatan Struktur	24
3.10	Gambar Teknik	25
BAB IV PEMBAHASAN		26
4.1	Pembebanan	26
4.1.1	Beban Gravitasi	26
4.1.2	Beban Angin	31
4.1.3	Beban Gempa 2019	37
4.1.3.1	Kelas Situs	37
4.1.3.2	Faktor Keutamaan Gempa	38
4.1.3.3	Desain Respons Spektrum	38
4.1.3.4	Desain Respons Spektrum Puskim 2019	42
4.1.3.5	Kategori Desain Seismik (KDS)	43
4.1.3.6	Menentukan Koefisien R, Ω_0 , dan C_d	44
4.1.3.7	Skala Faktor	44
4.1.3.8	Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2019	44
4.1.4	Beban Gempa 2012	45
4.1.4.1	Kelas Situs	45
4.1.4.2	Faktor Keutamaan Gempa	45
4.1.4.3	Desain Respons Spektrum	46
4.1.4.4	Kategori Desain Seismik (KDS)	50
4.1.4.5	Menentukan Koefisien R, Ω_0 , dan C_d	50
4.1.4.6	Skala Faktor	51
4.1.4.7	Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2012 dan Gempa 2019	51
4.2	Kombinasi Pembebanan	51
4.3	Permodelan Struktur	52
4.4	Pemeriksaan Jumlah Ragam	53
4.5	Periode Struktur Fundamental	55
4.6	Analisis Beban Gempa Respons Spektrum	57
4.6.1	Gaya Geser Dasar Gempa Dinamik	57
4.6.2	Berat Seismik Efektif	58
4.6.3	Analisis Gaya Geser Statik, V_1	58
4.6.4	Kontrol Respons Spektrum dengan Gempa Statik	62
4.7	Simpangan Antar Lantai	63
4.8	Perbedaan Hasil Analisis Struktur Antara Gempa 2012 dan Gempa 2019	67

4.9	Perhitungan Pelat	67
4.10	Perhitungan Balok	72
4.10.1	Perhitungan Lentur Tumpuan	74
4.10.2	Perhitungan Lentur Lapangan	77
4.10.3	Perhitungan Geser Tumpuan	79
4.10.4	Perhitungan Geser Lapangan	83
4.10.5	Perhitungan Torsi	84
4.11	Perhitungan Kolom	87
4.11.1	Evaluasi Tulangan Longitudinal	89
4.11.2	Kontrol <i>Strong Column Weak Beam</i>	90
4.11.3	Perhitungan Tulangan Confinement	93
4.11.4	Kontrol Geser Kolom	94
4.12	Perhitungan Pondasi	97
4.12.1	Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal	98
4.12.2	Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Distribusi Grup Tiang	99
4.12.3	Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Efisiensi	101
4.12.4	Perhitungan lentur pile cap	102
4.12.5	Perhitungan Geser Pons Pile Cap	105
BAB V PERKUATAN		107
5.1	Perkuatan Lentur Pelat	107
5.1.1	Perhitungan CFRP Lentur Pelat	107
5.1.2	Rekapitulasi Perkuatan Lentur Pelat	110
5.2	Perkuatan Geser Balok	111
5.2.1	Perhitungan CFRP Geser Balok	112
5.2.2	Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok	115
5.3	Metode Pelaksanaan	115
5.3.1	Alat dan Bahan	115
5.3.2	Metode Pelaksanaan Perkuatan CFRP	119
5.4	Volume Perkuatan	121
5.5	RAB Perkuatan	123
5.5.1	AHS Pekerjaan Persiapan	123
5.5.2	AHS Pekerjaan Perkuatan CFRP Laminat	123
5.5.3	AHS Pekerjaan Perkuatan CFRP Wrap	124
5.5.4	Total Biaya Perkuatan	124

BAB VI PENUTUP.....	125
6.1 Kesimpulan	125
6.2 Saran	125
DAFTAR PUSTAKA.....	126
LAMPIRAN	127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta Gempa 2012 Berdasarkan Parameter Gerak Tanah Ss	1
Gambar 1. 2	Peta Gempa 2019 Berdasarkan Parameter Gerak Tanah Ss	2
Gambar 1. 3	Gedung Hotel Axia South Cikarang	2
Gambar 2. 2	Peta Spektrum Respons Percepatan 0,2 Detik (SS)	8
Gambar 2. 1	Peta Spektrum Respons Percepatan 1 Detik (S1)	8
Gambar 2. 3	Kapasitas Penampang Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Rangkap	15
Gambar 3. 1	Bagan Alir Metodologi Pengerjaan Proyek Akhir	20
Gambar 4. 1	Input Beban Mati SDL	28
Gambar 4. 2	Input Beban Dinding (SDL2)	29
Gambar 4. 3	Input Beban Hidup	30
Gambar 4. 4	Input Beban Angin	37
Gambar 4. 5	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek, Ss, SNI 1726-2019	38
Gambar 4. 6	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik, S1, SNI 1726-2019	39
Gambar 4. 7	Grafik Gempa Respons Spektrum 2019	42
Gambar 4. 8	Grafik Respons Spektrum Program Desain Spektra Indonesia 2019	43
Gambar 4. 9	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek, Ss, SNI 1726-2012	46
Gambar 4. 10	Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik, S1, SNI 1726-2012	47
Gambar 4. 11	Grafik Gempa Respons Spektrum 2012	49
Gambar 4. 12	Permodelan Struktur 3D	52
Gambar 4. 13	Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X	66
Gambar 4. 14	Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y	66
Gambar 4. 15	Pelat yang Ditinjau	67
Gambar 4. 16	Momen Kontur Pelat Arah X Akibat 1,2DL + 1,6LL	71
Gambar 4. 17	Nilai Momen Ultimate Pelat Tumpuan X	71
Gambar 4. 18	Momen Kontur Pelat Arah Y Akibat 1,2DL + 1,6LL	71
Gambar 4. 19	Nilai Momen Ultimate Pelat Tumpuan Y	72
Gambar 4. 20	Balok yang Ditinjau	72
Gambar 4. 21	Detail Balok G1	73
Gambar 4. 22	Mu Tumpuan G1 Akibat Gempa 2012	76
Gambar 4. 23	Mu Tumpuan G1 Akibat Gempa 2019	76
Gambar 4. 24	Mu Lapangan G1 Akibat Gempa 2012	79
Gambar 4. 25	Mu Lapangan G1 Akibat Gempa 2019	79
Gambar 4. 26	Gaya Geser Desain, Ve	80
Gambar 4. 27	Vg Tumpuan G1 Akibat 1,2DL + 1,0LL	81
Gambar 4. 28	Vu Tumpuan Akibat Gempa 2012	82
Gambar 4. 29	Vu Tumpuan Akibat Gempa 2019	83
Gambar 4. 30	Vu Lapangan Akibat Gempa 2012	84
Gambar 4. 31	Vu Lapangan Akibat Gempa 2019	84
Gambar 4. 32	Kolom yang Ditinjau	87
Gambar 4. 33	Detail Penampang Kolom	88
Gambar 4. 34	Diagram Interaksi Kolom Arah X	90
Gambar 4. 35	Diagram Interaksi Kolom Arah Y	90

Gambar 4. 36 Detail Balok G3 Lantai 2.....	91
Gambar 4. 37 Detail Balok G12 Lantai 2.....	92
Gambar 4. 38 Geser Desain Kolom SRPMK.....	95
Gambar 4. 39 Pondasi yang Ditinjau.....	97
Gambar 4. 40 Detail Pondasi yang Ditinjau.....	97
Gambar 4. 41 Konfigurasi Tiang pada Pile Cap.....	100
Gambar 4. 42 Analisis Pile Cap Sebagai Kantilever.....	103
Gambar 4. 43 Geser Satu Arah Pada Pile Cap.....	105
Gambar 5. 1 Desain Perkuatan Lentur Pelat yang Ditinjau.....	107
Gambar 5. 2 Desain Perkuatan Geser Balok yang Ditinjau.....	112
Gambar 5. 3 Proses Bobok Plester Balok.....	119
Gambar 5. 4 Marking Area Beton yang Akan Dilapisi CFRP.....	119
Gambar 5. 5 Pengukuran dan Pemotongan CFRP.....	120
Gambar 5. 6 Proses Membuat Campuran Epoxy.....	120
Gambar 5. 7 Proses Pelapisan Lembaran CFRP dengan Epoxy.....	120
Gambar 5. 8 Proses Pemasangan Lembaran CFRP pada Beton.....	121
Gambar 5. 9 Proses Menekan CFRP Menggunakan Roller.....	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	6
Tabel 2. 2 Kelas Situs SNI 03-1726-2019	7
Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung	8
Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa	9
Tabel 2. 5 Koefisien Situs Fa	9
Tabel 2. 6 Koefisien Situs Fv	10
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS	11
Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SD1	11
Tabel 2. 9 Faktor R, Ω_0 , dan Cd untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	12
Tabel 2. 10 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	13
Tabel 2. 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x	13
Tabel 4. 1 Data Kecepatan Angin BMKG	31
Tabel 4. 2 Faktor Arah Angin, Kd	32
Tabel 4. 3 Konstanta Eksposure Dataran	33
Tabel 4. 4 Tabel Koefisien Eksposure Tekanan Kecepatan, Kz	34
Tabel 4. 5 Koefisien Tekanan Dinding, Cp	35
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Parameter Beban Angin	35
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Perhitungan Beban Angin	36
Tabel 4. 8 Perhitungan Tahanan Penetrasi Rata-rata, Nrata-rata	37
Tabel 4. 9 Kategori Risiko Bangunan Gedung SNI 1726-2019	38
Tabel 4. 10 Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2019	38
Tabel 4. 11 Koefisien Situs, Fa, SNI 1726-2019	39
Tabel 4. 12 Koefisien Situs, Fv, SNI 1726-2019	39
Tabel 4. 13 Perhitungan Respons Spektrum SNI 1726-2019	41
Tabel 4. 14 Hasil Program Desain Spektra Indonesia 2019	42
Tabel 4. 15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode Pendek 0,2 Detik SNI 1726-2019	43
Tabel 4. 16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode 1 Detik SNI 1726-2019	44
Tabel 4. 17 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa SNI 1726-2019	44
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2019	44
Tabel 4. 19 Perhitungan Tahanan Penetrasi Rata-rata, Nrata-rata	45
Tabel 4. 20 Kategori Risiko Bangunan Gedung SNI 1726-2012	46
Tabel 4. 21 Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2012	46
Tabel 4. 22 Koefisien Situs, Fa, SNI 1726-2012	47
Tabel 4. 23 Koefisien Situs, Fv, SNI 1726-2012	47
Tabel 4. 24 Perhitungan Respons Spektrum SNI 1726-2012	49
Tabel 4. 25 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode Pendek 0,2 Detik SNI 1726-2012	50
Tabel 4. 26 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode 1 Detik SNI 1726-2012	50
Tabel 4. 27 Faktor R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa SNI 1726-2012	50
Tabel 4. 28 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2012 dan Gempa 2019	51
Tabel 4. 29 Jumlah Ragam Gempa 2019 Hasil Analisis ETABS	53
Tabel 4. 30 Jumlah Ragam Gempa 2012 Hasil Analisis ETABS	54
Tabel 4. 31 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung SNI 1726-2019	55
Tabel 4. 32 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x SNI 1726-2019	55
Tabel 4. 33 Pengecekan Nilai Periode Struktur Gempa 2019	56

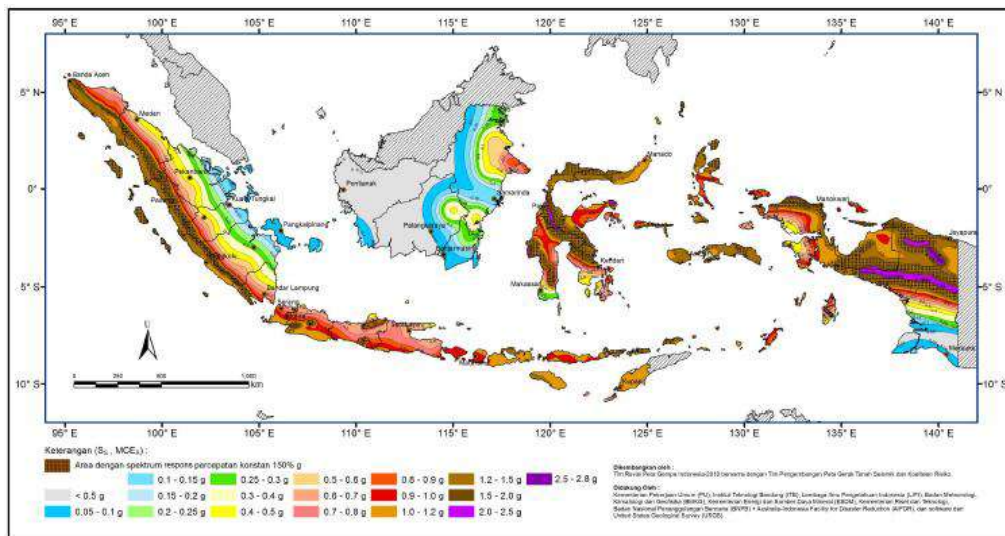
Tabel 4. 34 Koefisien untuk Batas Atas pada Periodde yang Dihitung SNI 1726-2012.....	56
Tabel 4. 35 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan x SNI 1726-2012.....	56
Tabel 4. 36 Pengecekan Nilai Periode Struktur Gempa 2012	57
Tabel 4. 37 Gaya Geser Dasar Respons Spektrum Gempa 2019	57
Tabel 4. 38 Gaya Geser Dasar Respons Spektrum Gempa 2012	58
Tabel 4. 39 Berat Seismik Efektif (W)	58
Tabel 4. 40 Simpangan Antar Lantai Ijin (Δ_{ijin}) SNI 1726-2019.....	63
Tabel 4. 41 Simpangan Antar Lantai Arah X Gempa 2019	64
Tabel 4. 42 Simpangan Antar Lantai Arah Y Gempa 2019	64
Tabel 4. 43 Simpangan Antar Lantai Arah X Gempa 2012	65
Tabel 4. 44 Simpangan Antar Lantai Arah Y Gempa 2012	65
Tabel 4. 45 Perbedaan SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019	67
Tabel 4. 46 Verifikasi Kapasitas Penampang Pelat	72
Tabel 4. 47 Gaya Dalam Kolom Akibat Gempa 2012	88
Tabel 4. 48 Gaya Dalam Kolom Akibat Gempa 2019	89
Tabel 4. 49 Output Kolom C8 Lantai 2 Arah X	91
Tabel 4. 50 Output Kolom C8 Lantai 1 Arah X	91
Tabel 4. 51 Output Kolom C8 Lantai 2 Arah Y	92
Tabel 4. 52 Output Kolom C8 Lantai 1 Arah Y	93
Tabel 4. 53 Nilai Mpr Kolom, $f_s = 1,25 f_y$	95
Tabel 4. 54 Nilai Hasil Uji N-SPT	98
Tabel 4. 55 Perhitungan Distribusi Grup Tiang	100
Tabel 4. 56 Rekapitulasi Perhitungan DDT Berdasarkan Distribusi Grup Tiang	101
Tabel 4. 57 Rekapitulasi Perhitungan DDT Berdasarkan Efisiensi	102
Tabel 5. 1 Elemen Pelat yang Perlu Perkuatan Lentur	107
Tabel 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Lentur Pelat	110
Tabel 5. 3 Elemen Balok yang Perlu Perkuatan Geser	111
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Geser Balok	115
Tabel 5. 5 Alat-Alat yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP.....	115
Tabel 5. 6 APD Tambahan yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP	118
Tabel 5. 7 Bahan yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP	118
Tabel 5. 8 Volume CFRP Laminate yang Dibutuhkan.....	121
Tabel 5. 9 Volume CFRP Wrap yang Dibutuhkan	122
Tabel 5. 10 AHS Pekerjaan Persiapan.....	123
Tabel 5. 11 AHS Pekerjaan CFRP Laminate	123
Tabel 5. 12 AHS Pekerjaan CFRP Wrap.....	124
Tabel 5. 13 Total Biaya Perkuatan	124

BAB I PENDAHULUAN

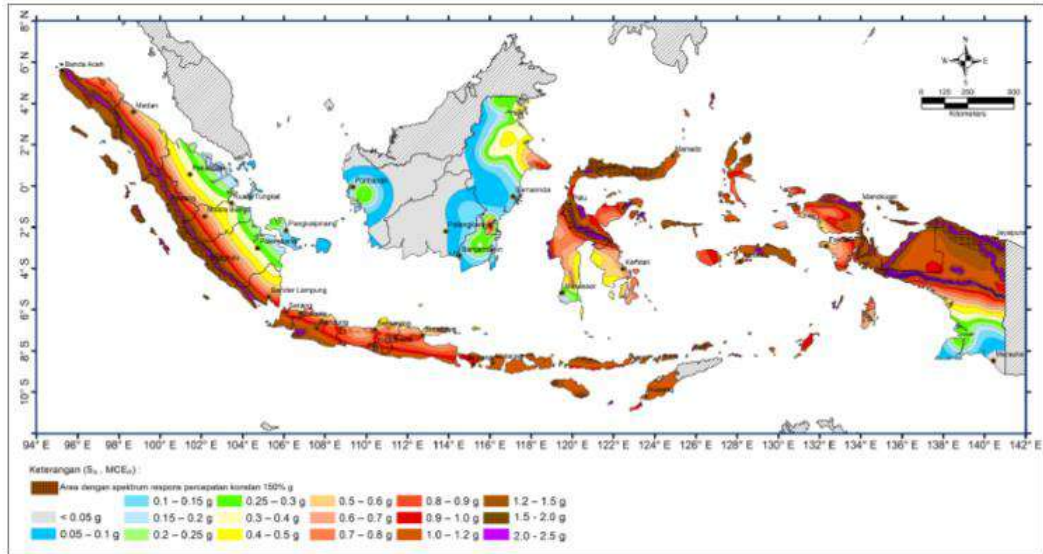
1.1 Latar Belakang

Bangunan tahan gempa saat ini sangat dibutuhkan untuk daerah dengan potensi gempa yang besar seperti di Indonesia. Menurut informasi di media, dampak yang dihasilkan dari suatu gempa menimbulkan kerugian yang besar baik secara korban jiwa maupun materil. Potensi gempa yang ada di Indonesia ini harus segera ditangani dengan cepat agar bangunan khususnya bangunan yang menggunakan peraturan lama terhindar dari kerusakan yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, bangunan perlu didesain yang mengacu kepada peraturan terbaru agar jika terjadi gempa kerugian dapat diminimalisir.

SNI 03-1726-2012 adalah peraturan gempa lama yang kemudian direvisi menjadi SNI 03-1726 2019. Perubahan yang mendasar dari peraturan gempa baru tersebut adalah berubahnya peta gempa. Dengan ditetapkannya peraturan gempa baru tersebut, maka gedung-gedung yang telah berdiri yang didesain berdasarkan peraturan gempa lama harus ditinjau dan dievaluasi untuk mengetahui apakah gedung-gedung tersebut masih aman atau tidak.



Gambar 1. 1 Peta Gempa 2012 Berdasarkan Parameter Gerak Tanah Ss



Gambar 1. 2 Peta Gempa 2019 Berdasarkan Parameter Gerak Tanah Ss

Hotel Axia South Cikarang merupakan hotel dengan jumlah lantai 13 lantai yang berlokasi di Jl. Pajajaran No.7, Sukaresmi, Cikarang Selatan, Bekasi, Jawa Barat 17550. Berdasarkan data *As Built Drawing*, hotel ini mulai dibangun pada tahun 2014 dan selesai pada tahun 2015. Oleh sebab itu, bangunan Hotel Axia South Cikarang harus dievaluasi dan dilakukan perkuatan struktur yang mengacu kepada peraturan terbaru.



Gambar 1. 3 Gedung Hotel Axia South Cikarang
Sumber: Google Image

Perkuatan struktur bertujuan untuk mengembalikan atau meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sesuai rencana. Salah satu metode perkuatan struktur adalah *Fiber Reinforced Polymer (FRP)*. FRP merupakan material yang ringan yang memiliki kuat tarik hingga 10 kali dari kuat tarik baja. FRP terbuat dari tiga bahan komposit, yaitu Carbon, Glass, dan Aramid. Perkuatan struktur pada gedung ini direncanakan menggunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*.

CFRP ini merupakan perpaduan antara fiber karbon dengan resin. Metode CFRP ini dipakai karena melihat kondisi bangunan yang sudah beroperasi. Kelebihan dari metode CFRP ini adalah tidak diperlukan banyak ruang dan pengerjaannya yang mudah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Apakah kondisi bangunan eksisting sudah mampu menahan gaya gempa yang mengacu kepada peraturan gempa lama SNI 03-1726-2012?
2. Apakah kondisi bangunan eksisting masih mampu menahan gaya gempa yang mengacu kepada peraturan gempa baru SNI 03-1726-2019?
3. Bagaimana mendesain perkuatan elemen struktur?
4. Bagaimana biaya dan metode pelaksanaan perkuatan elemen struktur?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui kekuatan struktur eksisting akibat peraturan gempa SNI 1726-2012.
2. Mengetahui kekuatan struktur eksisting akibat peraturan gempa SNI 1726-2019.
3. Mampu mendesain perkuatan struktur.
4. Mengetahui biaya dan metode pelaksanaan perkuatan struktur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari proyek tugas ini adalah sebagai berikut:

1. Mempertajam keterampilan dalam melakukan analisis, evaluasi dan perkuatan struktur bangunan gedung.
2. Memberikan informasi kekuatan elemen struktur bangunan yang didesain dengan peraturan gempa SNI 03-1726-2019 yang kemudian ditinjau ulang dengan peraturan gempa terbaru SNI 03-1726-2019
3. Memberikan informasi mengenai metode perkuatan struktur menggunakan CFRP ataupun jacketing

1.5 Batasan Masalah

Dengan terbatasnya waktu dan ilmu yang dikuasai, maka digunakan Batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Tugas akhir ini mengevaluasi struktur atas (pelat, balok, dan kolom, dan pondasi).
2. Beban yang digunakan hanya beban mati, beban hidup, dan beban gempa respons spektrum.
3. Analisis penampang kolom menggunakan program bantu SpColumn.
4. Permodelan struktur menggunakan program bantu ETABS
5. Desain dan metode perkuatan menggunakan CFRP untuk elemen balok dan dan pelat, serta jacketing untuk elemen kolom
6. $P - \Delta$ efek tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Struktur

2.1.1 Klasifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen

Pada sistem rangka pemikul momen, beban gravitasi mampu dipikul oleh rangka struktur. Pada sistem ini beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya. Terdapat beberapa ciri pada sistem struktur ini:

1. Beban ditransfer oleh geser di kolom sehingga menghasilkan momen pada balok dan kolom.
2. Hubungan balok-kolom harus didesain dengan baik sebab hubungan balok kolom merupakan bagian yang penting agar sistem bekerja dengan baik.
3. Momen dan geser dari beban lateral harus ditambahkan pada struktur dari beban gravitasi.

Menurut (Iswandi dan Fajar, 2014), Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem Rangka Pemikul momen dapat dibagi menjadi:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan harus memenuhi pasal 18.3 SNI 03-2847-2019. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan risiko gempa yang rendah.

2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing pasal 28.4 SNI 03-2847-2019. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang.

3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 18.6 sampai dengan pasal 18.8 SNI 03-2847-2019. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di daerah dengan risiko gempa yang tinggi.

2.1.2 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Jenis beban yang akan dipakai pada tugas akhir kali ini adalah beban mati (DL), beban mati tambahan (SDL) beban hidup (LL), beban gempa (E), dan beban angin (W).

A. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang berasal dari material yang digunakan pada struktur. Pada perhitungan struktur menggunakan bantuan software ETABS yang mana berat mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan.

B. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah beban mati selain dari beban sendiri material yang sudah dihitung oleh program bantu ETABS. Beban mati ini harus diinput agar pembebanan pada struktur mencapai hasil yang maksimal.

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Beban Mati	Besar Beban
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Keramik	2400 kg/m ²
Spesi	2100 kg/m ³
Pasir	1600 kg/m ³
Water Proofing	7,2 kg/m ²
Plafon dan Penggantung	18 kg/m ²
Mekanikal Elektrikal	25 kg/m ²
Hebel	60 kg/m ²

C. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah.

D. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang berkerja pada gedung akibat pengaruh dari gerakan tanah yang disebabkan oleh gempa itu sendiri. Berikut hal yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan besaran gaya gempa sesuai SNI 1726-2019.

1) Kelas Situs

Kelas situs harus diklasifikasikan sesuai dengan SNI 03-1726-2019 Pasal 5.3 berdasarkan data tanah (Nspt) dengan kedalaman 30 m dari permukaan atau

palinh atas. Penetapan kelas situs dilakukan di lapangan dan laboratorium. Berikut tabel kelas situs yang dapat dilihat pada **Tabel 2. 2**

Tabel 2. 2 Kelas Situs SNI 03-1726-2019

SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristk sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristk berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

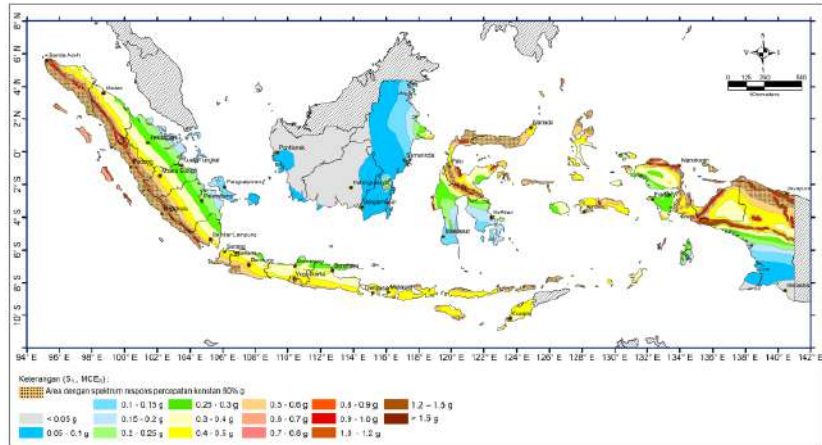
Dimana:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n N_i}$$

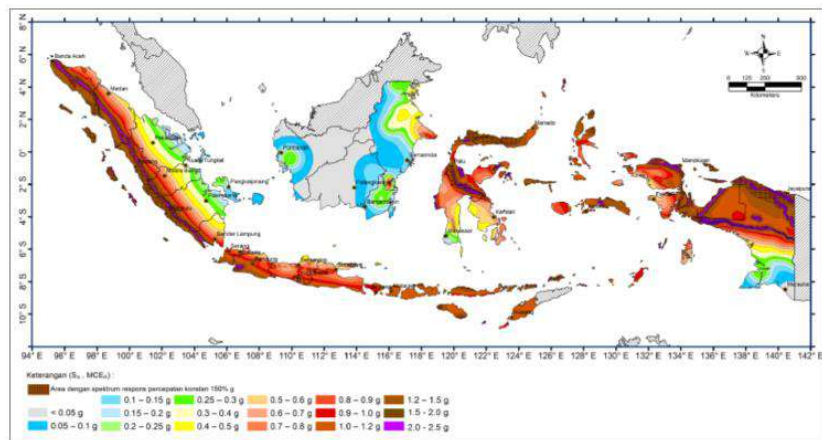
di adalah ketebalan dari lapisan tanah yang ditinjau dan N_i adalah tahanan penetrasi dengan nilai tidak lebih dari 300 pukulan/m

2) Wilayah gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2019, peta gempa disajikan dalam format dua peta kontur yaitu parameter gerak tanah S_S untuk spektrum respons 0,2 detik dan parameter gerak tanah S_1 untuk spektrum respons 1 detik. dapat dilihat pada **Gambar 4** dan **Gambar 5**.



Gambar 2. 2 Peta Spektrum Respons Percepatan 1 Detik (S1)



Gambar 2. 1 Peta Spektrum Respons Percepatan 0,2 Detik (SS)

3) Kategori Risiko Bangunan

Berdasarkan SNI 03-1726-2019, kategori risiko struktur bangunan ditentukan berdasarkan fungsi atau pemanfaatan suatu gedung, dapat dilihat pada **Tabel 2. 3**

Tabel 2. 3 Kategori Risiko Bangunan Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

4) Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan, dapat dilihat pada **Tabel 2. 4**

Tabel 2. 4 Faktor Keutamaan Gempa

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

5) Parameter Percepatan Gempa

a. Kofisien situs dan parameter respons spektral percepatan gempa

Penentuan respons spektral percepatan gempa dipermukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada periode 2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili periode 1 detik (F_y). Parameter spektral respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan sesuai pasal 6.2 SNI-03-1726-2019 berikut ini :

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

$$S_{M1} = F_y \times S_1$$

Keterangan:

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik

Koefisien F_a dan F_y ditentukan berdasarkan **Tabel 2.5** dan **Tabel 2.6**

Tabel 2. 5 Koefisien Situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(A)					

Tabel 2. 6 Koefisien Situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, S _s					
	S _s ≤ 0,25	S _s = 0,5	S _s = 0,75	S _s = 1,0	S _s = 1,25	S _s ≥ 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

b. Parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan periode 1 detik S_{D1}, harus ditentukan melalui perumusan sesuai pasal 6.3 SNI-03-1726-2019 sebagai berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

c. Prosedur pembuatan respons spektra desain

Respons spektrum desain ditentukan berdasarkan periode T₀ dan T_S.

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

Setelah mendapatkan periode T₀ dan T_S, maka nilai S_a dapat ditentukan untuk mendapatkan bentuk kurva respons spektrum dengan menyesuaikan jenis tanah. Dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

- Untuk periode < T₀

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

- Untuk periode ≥ T₀

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk periode > T_S

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

6) Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik (KDS) ditetapkan berdasarkan kategori risiko bangunan yang ditentukan pada **Tabel 3** dan berdasarkan parameter respons spectral percepatan desainnya SDS dan SD1 yang sudah ditentukan sebelumnya.

Untuk menentukan kaegori desain seismic berdasarkan parameter diatas dapat dilihat pada **Tabel 2. 7** dan **Tabel 2. 8**

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SDS

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

Tabel 2. 8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan SD1

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

7) Koefisien R, Ω_o , dan Cd

Koefisien modifikasi renspons (R), faktor kuat lebih (Ω_o), dan koefisien amplifikasi defleksi (Cd) ditentukan berdasarkan sistem penahan gaya seismic yang dapat dilihat pada **Tabel 2. 9**

Tabel 2. 9 Faktor R , Ω , O , dan C_d untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_b^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_s (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D*	E*	F*
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2%	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2%	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2%	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2%	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10*	TI*	TI*
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI'	TI'	TI'
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^e	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI

8) Analisis Jumlah Ragam

Analisis jumlah ragam digunakan untuk mengetahui perilaku dinamis suatu struktur bangunan dengan periode getar alami yang terjadi. Parameter yang mempengaruhi analisis modal adalah masa bangunan dan kekakuan lateral.

Dalam analisis jumlah raga mini, waktu getar yang ditinjau adalah 12 ragam getar (mode shape) yang telah ditetapkan oleh program bantu ETABS. Berdasarkan SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.1, jumlah ragam getar dapat dinyatakan efektif jika presentase beban dinamik yang bekerja sudah melebihi 90%

9) Waktu Getar Alami Fundamental

Berdasarkan SNI 03-1726-2019 pasal 7.8.2, Periode struktur fundamental T didapatkan dari hasil modal dengan menggunakan program bantu ETABS. Periode struktur fundamental T tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan yang dihitung (C_u) dari periode fundamental pendekatan T_a

- Menentukan koefisien C_u

Tabel 2. 10 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	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

- Nilai parameter periode pendekatan berdasarkan tipe struktur

Tabel 2. 11 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

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

- Menentukan periode fundamental pendekatan batas bawah (T_{amin})

$$T_{amin} = C_t \times h_n^x$$

Dimana:

T_{amin} = Nilai batas bawah periode bangunan

h_n = Ketinggian struktur (m) di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur

- Menentukan periode fundamental pendekatan batas bawah (T_{amax})

$$T_{amax} = C_u \times T_{amin}$$

Dimana:

T_{amax} = Nilai batas atas periode bangunan

Dengan T_c sebagai periode fundamental struktur yang diperoleh dari program analisis struktur ETABS. Maka, T dapat ditentukan sebagai berikut.

Jika $T_c > T_{amax}$ Gunakan $T = T_{amax}$

Jika $T_{amin} < T_c < T_{amax}$ Gunakan $T = T_c$

Jika $T_c < T_{amin}$ Gunakan $T = T_{amin}$

10) Analisis Beban Gempa Respons Spektrum

- Gaya Geser Dasar Gempa Dinamik

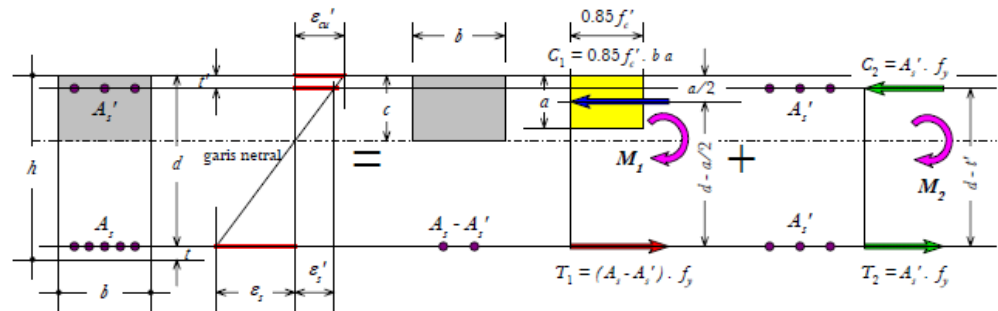
Berdasarkan SNI 03-1726-2019 Pasak 7.9.1.4.1 bahwa gaya geser dasar respons spektrum dinamik (V_{RSP}) struktur gedung harus 100% gaya geser statik (V_1), artinya jika $V_{RSP} < V_1$, maka skala faktor awal dikalikan dengan V_1 / V_{RSP} .

2.2 Analisis Penampang Struktur

A. Analisis elemen Balok dan Pelat

- Analisis Lentur Balok dan Pelat

Elemen balok dan pelat merupakan elemen yang menahan beban yang terjadi padanya dengan mengandalkan kemampuan bahan melalui kapasitas momennya. Kapasitas momen ditentukan berdasarkan dimensi elemen, mutu bahan, dan jumlah tulangan yang terpasang.



Gambar 2. 3 Kapasitas Penampang Balok Beton Bertulang dengan Tulangan Rangkap
Sumber: Bahan Ajar Modul-03

Berdasarkan kesetimbangan gaya diatas, maka kemampuan penampang balok dan pelat beton bisa dihitung sebagai berikut.

$$M_n = (A_s \times f_y - A_s' \times f_s') \times \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_s' (d - t')$$

$$a = \frac{A_s \times f_y - A_s' \times f_s'}{0,85 \times f_c' \times b}$$

- Analisis Geser Balok

Pada sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) gaya geser balok hanya disumbangkan akibat tulangan saja sedangkan gaya geser yang disumbangkan oleh beton dianggap 0 (nol), sehingga besaran gaya geser penampang balok sebagai berikut.

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \\ &= 0 + V_s \end{aligned}$$

Sehingga,

$$V_n = V_s = \frac{A_v \times f_y t \times d}{s}$$

Dimana:

- Vn = gaya geser penampang balok
- Vc = gaya geser yang disumbangkan beton
- Vs = gaya geser yang disumbangkan tulangan
- Av = luas tulangan sengkang
- fyt = mutu tulangan sengkang
- s = jarak sengkang

B. Analisis elemen Kolom

- Analisis Lentur Kolom

Diagram interaksi adalah salah satu cara untuk menganalisis kekuatan penampang kolom dalam menahan gaya lentur dan aksial. Diagram ini menggambarkan hubungan antara kuat tekan lentur atau eksentrisitas penampang sehingga dapat diketahui kekuatan kolom terhadap kombinasi beban aksial dan momen lentur.

- Analisis Geser Kolom

$$V_c = \frac{\sqrt{f'_c} \times b \times d}{6}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana:

- Vn = gaya geser penampang kolom
- Vc = gaya geser yang disumbangkan beton
- Vs = gaya geser yang disumbangkan tulangan
- b = lebar kolom
- d = tinggi efektif kolom
- f'c = mutu beton
- fyt = mutu tulangan sengkang
- Av = luas tulangan sengkang
- s = jarak sengkang

2.3 Desain Perkuatan Struktur Umum

Perkuatan merupakan suatu kegiatan yang bertujuan meningkatkan perilaku komponen atau struktur agar menjadi lebih kuat dibanding sebelumnya. Perkuatan struktur juga dapat diterapkan akibat adanya perubahan peraturan

desain seperti perubahan SNI Gempa 03-1726-2012 menjadi SNI Gempa 03-1726-2019. Perubahan ini memberikan konsekuensi berubahnya respon spektrum gempa yang terjadi pada kota-kota yang ada di Indonesia seperti kabupaten Bekasi. Hasil dari perkuatan struktur ini diharapkan bangunan dapat memenuhi persyaratan kekuatan, keamanan, dan kenyamanan bagi pengguna.

Ada beberapa metode perkuatan struktur antara lain:

1. Memberi penyelubungan pada struktur yang dikenal dengan istilah jacketing. Fiber Reinforced Polymer (FRP) adalah salah satu contoh bahan kompositnya.
2. Menambah pelat baja pada struktur konstruksi beton.
3. Memperbesar dimensi beton dan jumlah tulangan, metode ini dikenal dengan istilah penulangan luar (*Extremally Reinforcement*).
4. Memperpendek bentang dari struktur dengan konstruksi baja ataupun konstruksi beton.

Fiber Reinforced Polymer (FRP)

FRP (*Fiber Reinforced Polimer*) merupakan suatu material komposit yang dikesempatan kali ini digunakan untuk memperkuat struktur. Bahan dari FRP ini merupakan gabungan dari polimer resin, filler dan fiber. Resin yang digunakan adalah *polyester*, *vinylester* atau *epoxy* dan *filler* yang digunakan adalah *kalon clay*, *calcium carbonate* dan *alumina*. Sedangkan *fiber* terdiri dari beberapa jenis diantaranya *glass*, *carbon*, dan *aramide*.

Penggunaan FRP dalam perkuatan struktur antara lain pada balok, pelat, jembatan, kolom (BRE and Trend 2000). Keuntungan pemakaian FRP menurut Hartono dan Santosa, 2003 antara lain:

1. Kuat tarik sangat tinggi.
2. Sangat ringan (density: 1,4 – 2,4 gr/cm, 4-6 kali lebih ringan dari baja).
3. Pelaksanaan sangat mudah dan cepat.
4. Memungkinkan tidak perlu penutupan lalu lintas.
5. Tidak perlu area kerja yang luas.
6. Tidak diperlukan join meskipun bentang yang diperekat cukup panjang.
7. Tidak berkarat.

Namun FRP juga memiliki kelemahan yaitu tidak kuat terhadap suhu yang tinggi. Dengan suhu sekitar 70°C bahan perekat FRP yaitu resin akan berubah dari kondisi keras menjadi kondisi lunak yang mengakibatkan daya lekatnya berkurang. Melunaknya resin dapat diantisipasi dengan dilakukan proteksi menggunakan lapisan mortar.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) merupakan salah satu jenis dari *Fiber Reinforced Polimer* (FRP). CFRP ini lebih baik digunakan dibandingkan jenis fiber lainnya dikarenakan CFRP ini memiliki kekuatan dan elastisitas yang jauh lebih baik.

CFRP produksi SIKA menjadi bahan yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Ada tiga jenis CFRP yang diproduksi oleh SIKA, tetapi hanya 2 jenis yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu SIKA CarboDur berbentuk pelat tipis dengan epoxy sebagai bahan pelekatnya dan Sika Wrap berbentuk serat fiber dengan epoxy SikaDur 330 sebagai pelekatnya.

Berikut pekerjaan dan pemasangan CFRP:

1. Kosongkan area kerja.
2. Kelupas / bobok mortar pada permukaan elemen struktur yang akan dilapisi CFRP.
3. Bersihkan permukaan elemen struktur dari sisa-sisa mortar hingga permukaan elemen struktur benar-benar rata dan bersih.
4. Resin / perekat (epoxy) diaduk terlebih dahulu hingga merata, kemudian oleskan pada permukaan elemen struktur yang akan dipasang CFRP dengan ketebalan berkisar antara 1,5-2,0 mm.
5. Potong CFRP sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan.
6. Pasang CFRP dengan cara menempelkan pada permukaan elemen struktur yang sudah dilapisi resin / perekat.
7. Ratakan CFRP menggunakan roller atau kuas silinder supaya CFRP menempel secara sempurna.
8. Lapisi permukaan elemen struktur yang sudah dipasang CFRP menggunakan mortar kemudian cat kembali.

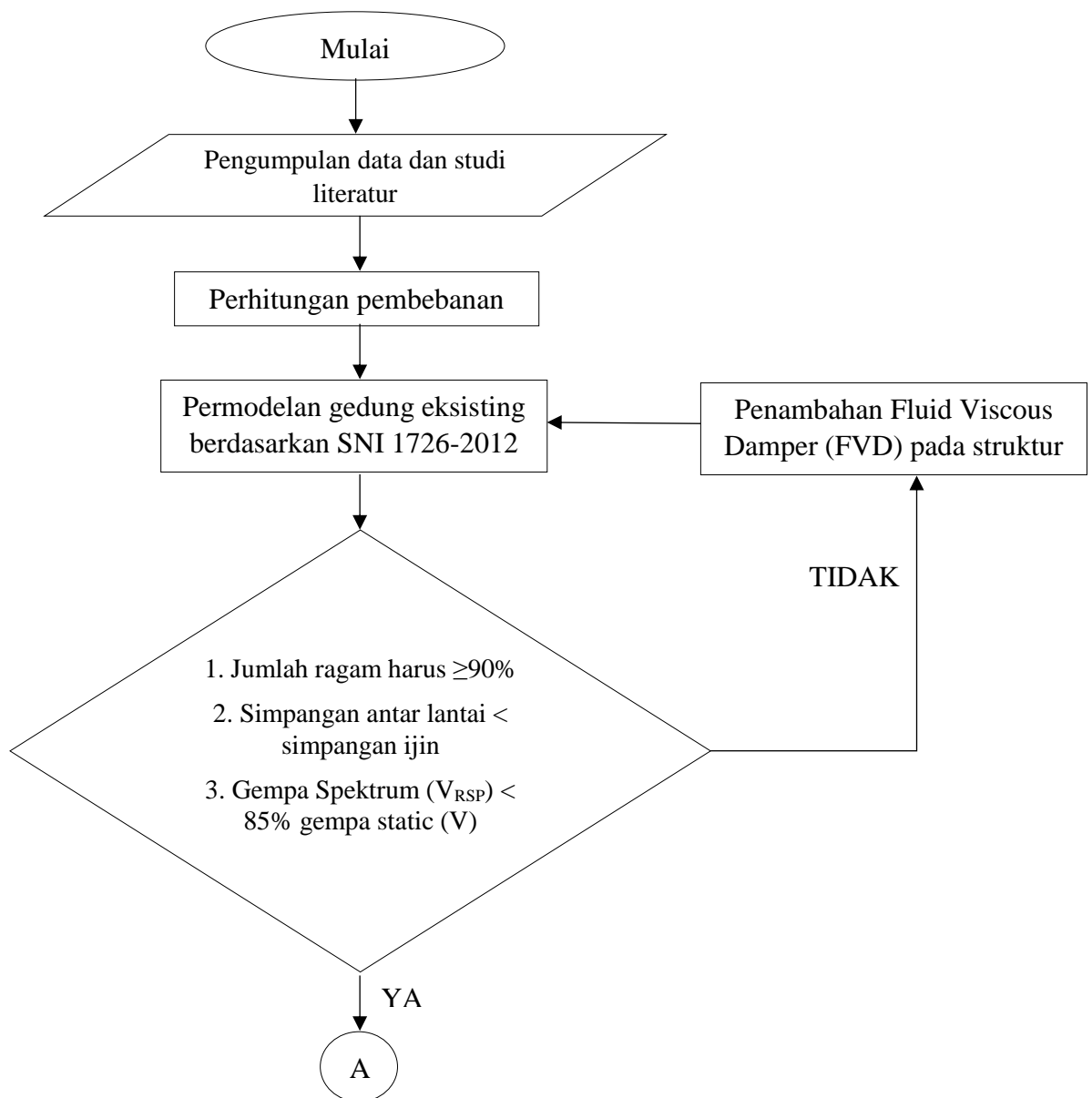
BAB III METODELOGI

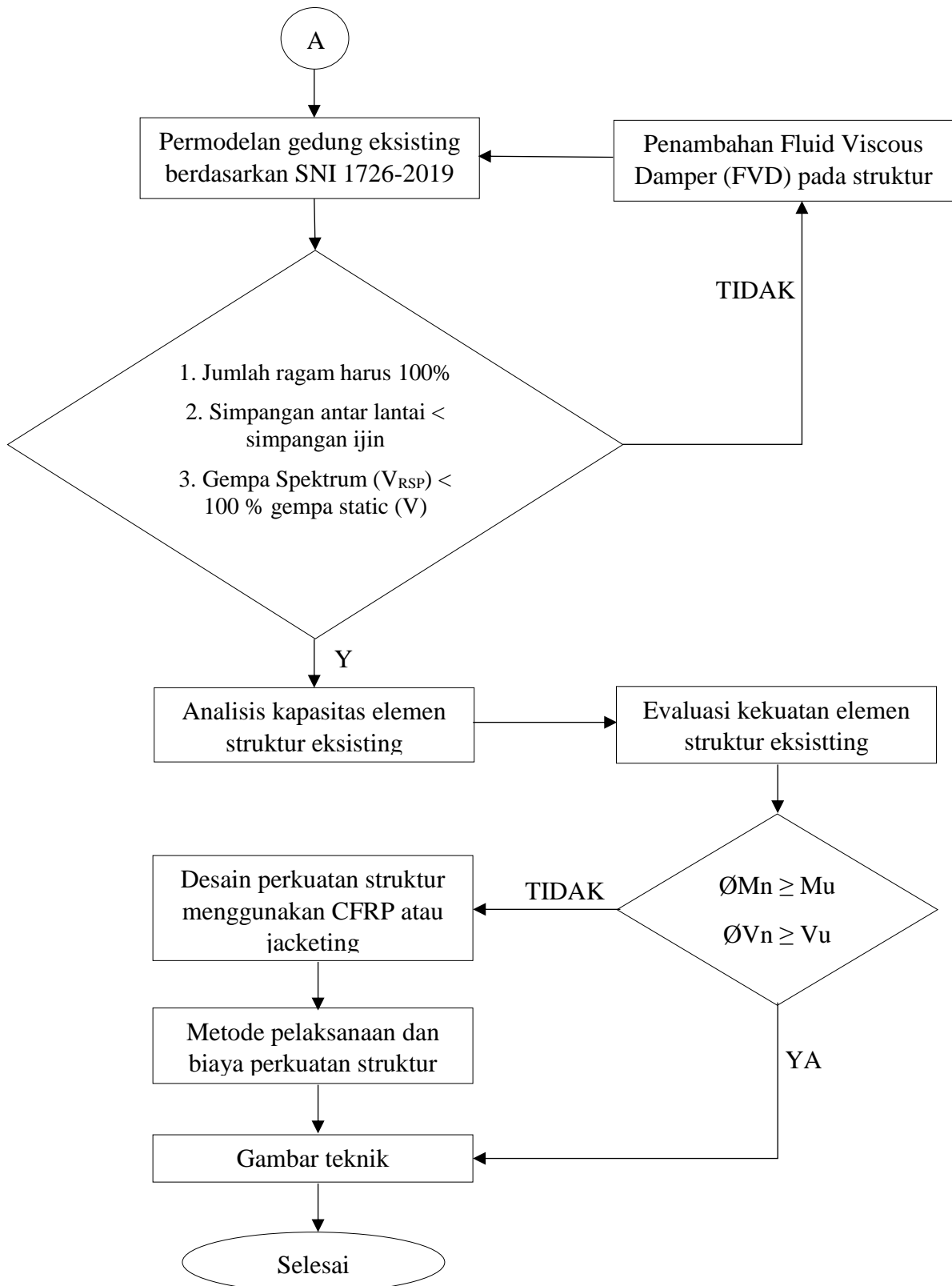
3.1 Umum

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini diperlukan tahapan-tahapan yang jelas dan sistematis. Oleh karena itu, dibuat suatu metodologi agar pengerjaan tugas akhir ini berjalan dengan baik, tepat, dan efektif. Metodologi ini membahas langkah-langkah yang akan dikerjakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

3.2 Bagan Alur Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah penyelesaian tugas akhir ini disajikan dalam bentuk diagram alir atau flowchart seperti gambar dibawah ini.





Gambar 3. 1 Bagan Alir Metodologi Pengerjaan Proyek Akhir

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini didapatkan dari PT. Takenaka proyek Cikarang Hotell Residence Phase 2 meliputi:

1. Data Gambar Struktur dan Arsitektur

Gambar struktur meliputi denah struktur masing-masing lantai, potongan, dan detail tulangan elemen struktur.

a. Data Umum Bangunan

Nama bangunan = Hotel Axia South Cikarang

Jumlah lantai = 13 lantai

Lebar bangunan = 29 meter

Panjang bangunan = 44,3 meter

Tinggi bangunan = 50,5 meter

Lokasi gedung = Jl. Pajajaran No.7, Cikarang Selatan, Bekasi, Jawa Barat

b. Data Bahan

Mutu beton

- Pelat = K-300 $\rightarrow f'c = 249 \text{ kg/cm}^2$
- Balok = K-300 $\rightarrow f'c = 249 \text{ kg/cm}^2$
- Kolom = K-300 $\rightarrow f'c = 249 \text{ kg/cm}^2$
- Elemen praktis = K-250 $\rightarrow f'c = 208 \text{ kg/cm}^2$

Mutu baja tulangan

- Tulangan $< \emptyset 12$ = BJTP 24
- Tulangan $\geq \emptyset 13$ = BJTS 40

2. Data Tanah

(Terlampir)

3.4 Acuan

Referensi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini antara lain:

1. Badan Standarisasi Nasional. 2019. "*Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)*". Jakarta: BSN.
2. Badan Standarisasi Nasional. 2020. "*Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*". Jakarta: BSN.
3. Badan Standarisasi Nasional. 2012. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2012)*". Jakarta: BSN.

4. Badan Standarisasi Nasional. 2019. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2019)*". Jakarta: BSN.
5. American Concrete Institute. 2017. "*Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures (ACI 440.2R-17)*". Detroit: ACI
6. Tavio; dan Wijaya U.; 2018. "*Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja*". Yogyakarta: Andi.
7. Harianti, E.; dan Pamungkas A.; 2018. "*Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*". Yogyakarta: Andi.
8. Bahan ajar kuliah

3.5 Pembebanan Struktur

Perhitungan beban-beban yang bekerja mengacu kepada peraturan pembebanan SNI 03-1727-2020 dan peraturan gempa SNI 03-1727-2019. Analisa pembebanan adalah sebagai berikut:

a. Beban pada Pelat Lantai

1) Beban Mati

- Berat sendiri elemen struktur
- Beban plafond dan penggantung
- Beban plumbing dan elektrik
- Beban keramik dan spesi

2) Beban Hidup

- Beban hidup yang diterima oleh pelat lantai akibat fungsi hotel sebesar 479 kg/m²

b. Beban pada Pelat Atap

1) Beban Mati

- Berat sendiri elemen struktur
- Beban plafond dan penggantung
- Beban plumbing dan elektrik
- Beban lapisan waterproofing

2) Beban Hidup

- Beban hidup yang diterima oleh pelat lantai akibat fungsi hotel sebesar 96 kg/m^2

c. Beban pada Balok

Beban yang terjadi pada balok adalah beban dinding $\frac{1}{2}$ bata berdasarkan denah arsitektur.

d. Beban Gempa

Beban gempa pada perencanaan struktur bangunan ini ditinjau secara analisis dinamis 3 dimensi. Grafik respons spektrum didapatkan dari aplikasi desktop puskim, dengan memasukan jenis tanah dan wilayah di Cikarang, Jawa Barat.

e. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 adalah sebagai berikut:

1. $1,4DL$
2. $1,2DL + 1,6LL$
3. $(1,2 + 0,2S_{DS}) DL + L \pm 0,3 (\rho Q_{EX}) \pm 1 (\rho Q_{EY})$
4. $(1,2 + 0,2S_{DS}) DL + L \pm 1 (\rho Q_{EX}) \pm 0,3 (\rho Q_{EY})$
5. $(0,9 - 0,2 S_{DS}) DL \pm 0,3 (\rho Q_{EX}) \pm 1 (\rho Q_{EY})$
6. $(0,9 - 0,2 S_{DS}) DL \pm 1 (\rho Q_{EX}) \pm 0,3 (\rho Q_{EY})$

Dimana:

- DL : Beban mati sendiri
SDL : Beban mati tambahan yang diterima oleh gedung
LL : Beban hidup yang ditetapkan berdasarkan fungsi bangunan
 Q_{EX} : Beban gempa arah x
 Q_{EY} : Beban gempa arah y
 ρ : Faktor reduksi yang ditetapkan sesuai dengan kategori desain

3.6 Permodelan dan Analisis Struktur

Permodelan struktur dilakukan dengan pendekatan analisis 3 dimensi dengan program bantu ETABS. Setelah itu, mendefinisikan elemen-elemen struktur, pembebanan, fungsi respons spektrum, dan kombinasi pembebanan. Permodelan dilakukan 2 kali yaitu permodelan dengan beban gempa SNI 03-1726-2012 dan permodelan dengan beban gempa SNI 03-1726-2019.

3.7 Perhitungan Kapasitas Struktur

Analisis penampang elemen struktur yang ditinjau adalah kapasitas lentur dan geser. Elemen struktur yang dihitung kapasitasnya penampangnya, meliputi:

- Perhitungan kapasitas pelat
- Perhitungan kapasitas balok
- Perhitungan kapasitas kolom

Menghitung kapasitas kolom menggunakan program bantu SpColumn agar pengerjaan tugas akhir menjadi efektif.

3.8 Evaluasi Kekuatan Struktur

Kapasitas penampang elemen struktur eksisting yang telah dihitung kemudian dibandingkan dengan gaya-gaya dalam maksimum hasil analisis struktur melalui program bantu ETABS. Di samping itu, perlu juga dianalisis mengenai periode fundamental struktur, simpangan antar lantai, dan skala gaya geser dasar.

Kapasitas penampang elemen struktur dengan hasil gaya dalam yang masih memenuhi atau $\frac{Mu}{\phi Mn} \leq 1$ maka elemen tersebut tidak perlu adanya perkuatan. Sebaliknya, apabila kapasitas penampang elemen struktur dengan hasil gaya dalam belum memenuhi atau $\frac{Mu}{\phi Mn} > 1$ maka elemen tersebut perlu diperkuat.

3.9 Perhitungan Perkuatan Struktur

Elemen struktur eksisting yang tidak kuat, maka dilakukan perkuatan dengan menggunakan metode CFRP untuk elemen balok dan pelat, sedangkan perkuatan menggunakan metode jacketing untuk elemen kolom. Perhitungan kekuatan struktur ada 3 macam, yaitu perkuatan terhadap lentur, perkuatan terhadap geser, dan perkuatan terhadap aksial. Lapisan CFRP yang dibutuhkan sebagai perkuatan, pada umumnya menghitung selisih antara kapasitas eksisting dan gaya dalam, kemudian dibandingkan dengan kekuatan CFRP sesuai spesifikasi yang digunakan. Acuan yang digunakan dalam mendesain CFRP mengacu kepada ACI 440.2R-17. Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan perkuatan struktur sebagai berikut:

- Perkuatan kapasitas lentur pelat
- Perkuatan kapasitas lentur dan geser balok
- Perkuatan kapasitas aksial dan geser kolom

3.10 Gambar Teknik

Gambar Teknik menampilkan detail perkuatan struktur pada Hotel Axia South Cikarang.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pembebanan

Beban beban yang terjadi pada evaluasi struktur eksisting gedung ini meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

4.1.1 Beban Gravitasi Beban Mati

Berdasarkan pasal 1 PPURG 1989 beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan. Beban mati merupakan berat itu sendiri yang terdiri dari pelat, balok, dan kolom, dengan berat jenis beton bertulang 2400 kg/m^3 . Beban mati ini akan dihitung otomatis oleh program bantu ETABS.

Beban Mati Tambahan (SDL)

Beban mati tambahan adalah beban mati elemen non-struktural. Berikut penjabaran dari beban mati tambahan pada setiap lantai.

a. Lantai 1

SDL 1

Tebal keramik	= 0,01 m
Tebal spesi	= 0,02 m
Berat isi spesi	= 2100 kg/m^3 (PPURG 1989)
Berat keramik	= 2400 kg/m^3 (PPURG 1989)

Berat keramik + Berat spesi	= $0,01 \times 2400 + 0,02 \times 2100$	= 66 kg/m^2
Plafond + penggantung		= 18 kg/m^2
Plumbing + ME		= 25 kg/m^2
		<hr/>
		= 109 kg/m^2

SDL 2

BJ hebel (tebal 10 cm)	= 60 kg/m^2 (brosur, terlampir)
Tinggi dinding melintang, h_1	= 4,7 m
Tinggi dinding memanjang, h_2	= 4,7 m

Berat dinding melintang	= $60 \times 4,7$	= 282 kg/m
Berat dinding memanjang	= $60 \times 4,7$	= 282 kg/m

b. Lantai 2

SDL 1

Tebal keramik	= 0,01 m
Tebal spesi	= 0,02 m
Berat isi spesi	= 2100 kg/m ³ (PPURG 1989)
Berat keramik	= 2400 kg/m ³ (PPURG 1989)

Berat keramik + Berat spesi	= 0,01 x 2400 + 0,02 x 2100	= 66 kg/m ²
Plafond + penggantung		= 18 kg/m ²
Plumbing + ME		= 25 kg/m ²
		<hr/>
		= 109 kg/m ²

SDL 2

BJ hebel (tebal 10 cm)	= 60 kg/m ² (brosur, terlampir)
Tinggi dinding melintang, h1	= 3,6 m
Tinggi dinding memanjang, h2	= 3,6 m

Berat dinding melintang	= 60 x 3,6	= 216 kg/m
Berat dinding memanjang	= 60 x 3,6	= 216 kg/m

c. Lantai 3 -13

SDL 1

Tebal keramik	= 0,01 m
Tebal spesi	= 0,02 m
Berat isi spesi	= 2100 kg/m ³ (PPURG 1989)
Berat keramik	= 2400 kg/m ³ (PPURG 1989)

Berat keramik + Berat spesi	= 0,01 x 2400 + 0,02 x 2100	= 66 kg/m ²
Plafond + penggantung		= 18 kg/m ²
Plumbing + ME		= 25 kg/m ²
		<hr/>

$$= 109 \text{ kg/m}^2$$

SDL 2

BJ hebel (tebal 10 cm) = 60 kg/m² (brosur, terlampir)

Tinggi dinding melintang, h1 = 2,5 m

Tinggi dinding memanjang, h2 = 2,5 m

Berat dinding melintang = 60 x 2,5 = 150 kg/m

Berat dinding memanjang = 60 x 2,5 = 150 kg/m

d. Lantai Atap

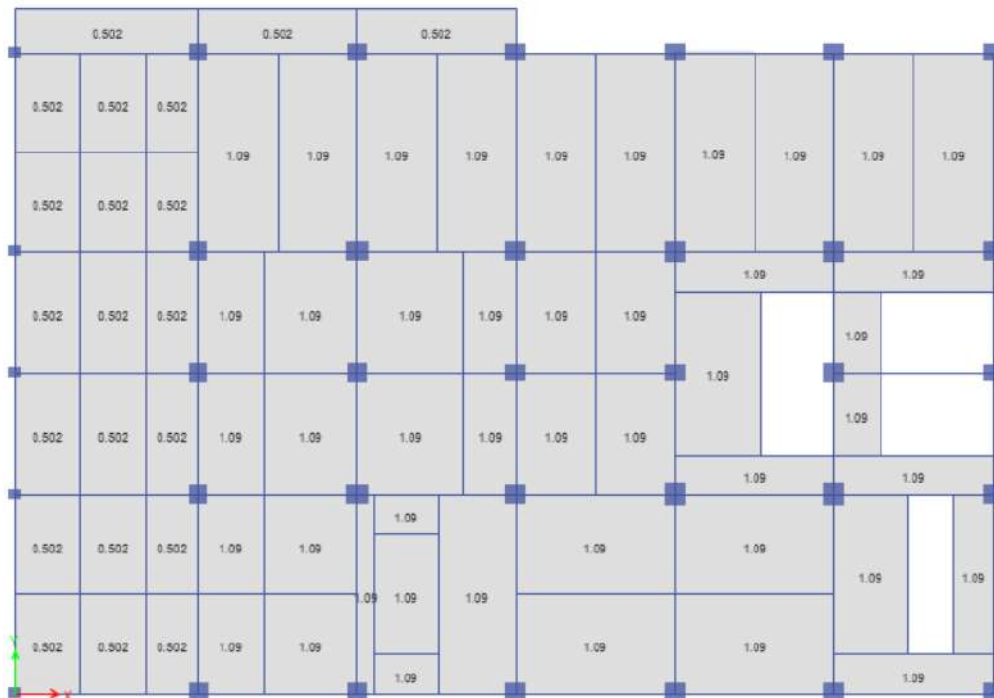
SDL 1

Berat waterproofing = 7,2 kg/m² (ASCE 7-16 Tabel C3-1)

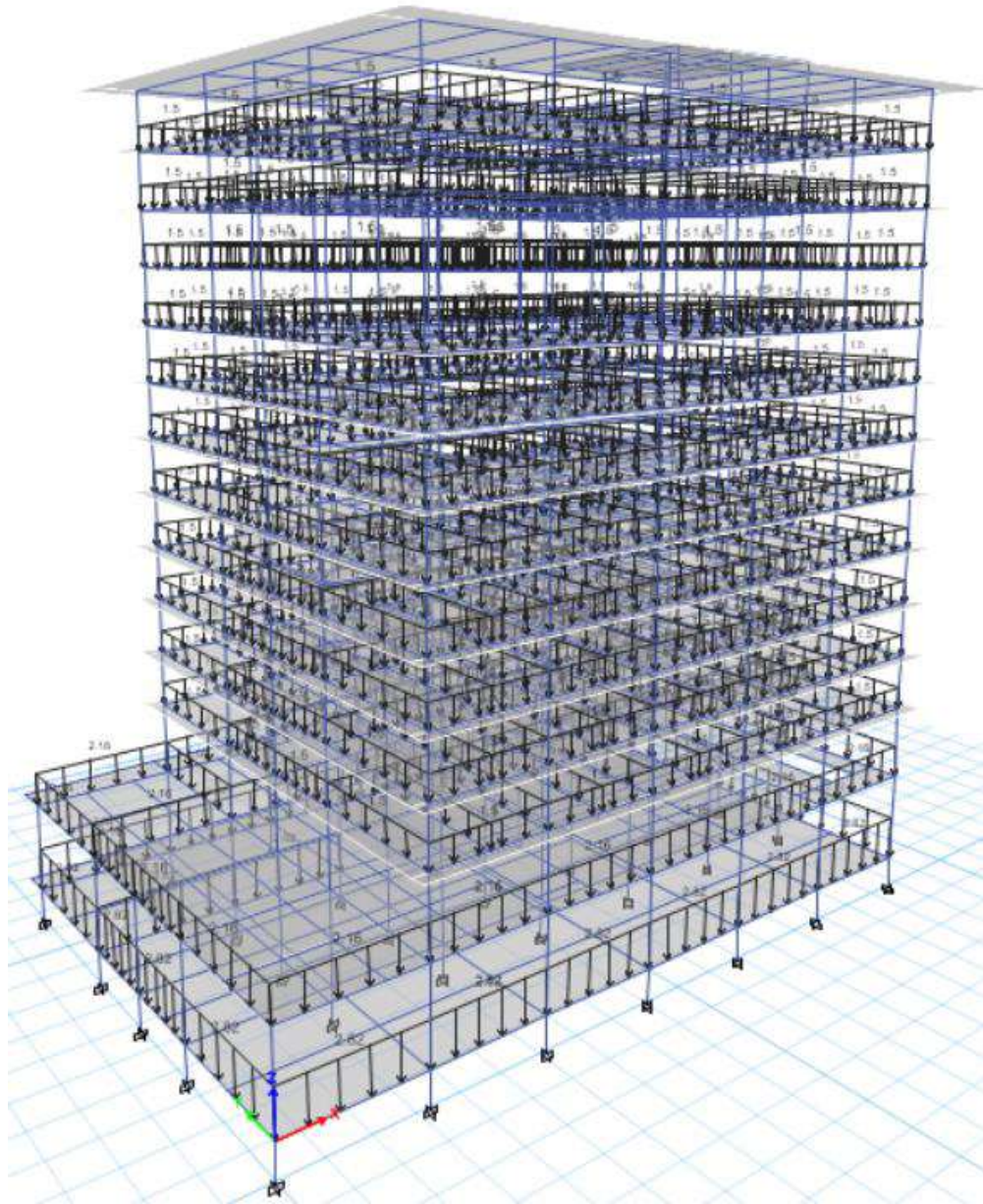
Plafond + penggantung = 18 kg/m²

Plumbing + ME = 25 kg/m²

= 50,2 kg/m²



Gambar 4. 1 Input Beban Mati SDL



Gambar 4. 2 Input Beban Dinding (SDL2)

Beban Hidup

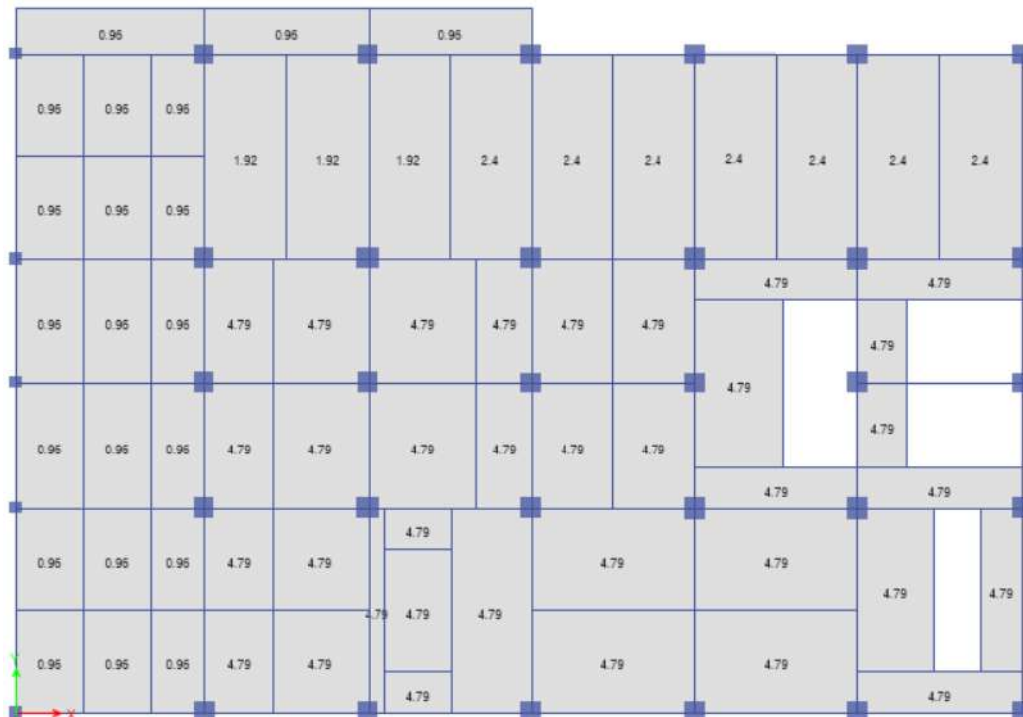
Beban hidup mengacu kepada SNI 1727 – 2020 Tabel 4.1

a. Lantai 1-3

Fungsi	= Hotel
Beban hidup	
Ruang pribadi	= 192 kg/m ²
Ruang publik	= 479 kg/m ²
Restaurant	= 479 kg/m ²
Office	= 240 kg/m ²

a. Lantai Atap

Fungsi	= Lantai atap
Beban hidup	= 96 kg/m ²



Gambar 4. 3 Input Beban Hidup

4.1.2 Beban Angin

Bangunan gedung didesain harus mampu menahan beban angina seperti yang ditetapkan pada SNI 1727-2020. Berikut langkah-langkah menentukan besarnya beban angina berdasarkan SNI 1727-2020 pasal 26 – 27.

a. Kecepatan Angin Dasar (V)

Pasal 26.5.1 SNI 1727-2020 menyatakan kecepatan angin dasar, V, harus ditentukan dari instansi yang berwenang seperti BMKG.

Tabel 4. 1 Data Kecepatan Angin BMKG

Tanggal	Kecepatan Angin Maksimum (m/s)	Kecepatan Angin Rata-rata (m/s)
01-05-2022	4	1
02-05-2022	6	1
03-05-2022	4	1
04-05-2022	7	2
05-05-2022	7	2
06-05-2022	6	2
07-05-2022	3	2
08-05-2022	3	1
09-05-2022	6	2
10-05-2022	5	2
11-05-2022	5	2
12-05-2022	6	3
13-05-2022	4	2
14-05-2022	4	2
15-05-2022	4	1
16-05-2022	4	2
17-05-2022	4	1
18-05-2022	4	2
19-05-2022	4	1
20-05-2022	3	2
21-05-2022	5	2
22-05-2022	5	2
23-05-2022	7	4
24-05-2022	7	3
25-05-2022	6	2
26-05-2022	4	2
27-05-2022	7	2
28-05-2022	9	2
29-05-2022	5	1
30-05-2022	4	1
31-05-2022	6	2
01-06-2022	6	1
Nilai Rata-rata	5.13	1.81

Dari hasil data BMKG didapatkan nilai kecepatan angin dasar, V , sebesar 5,13 m/s atau 18,45 km/jam. Sedangkan data kecepatan angin dasar yang didapat dari standar desain gedung ini sebesar 20 m/s atau 72 km/jam. Maka nilai V yang diambil dalam mengevaluasi struktur eksisting sebesar 20 m/s

b. Faktor Arah Angin (K_d)

Menurut pasal 26.6-1 SNI 1727-2020 untuk bangunan gedung dengan Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) memiliki nilai K_d sebesar 0,85

Tabel 4. 2 Faktor Arah Angin, K_d

Tipe struktur	Faktor arah angin K_d
Bangunan gedung	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap lengkung	0,85
Kubah berbentuk bundar	1,0 ^a
Cerobong, tangki, dan struktur serupa	0,90
Persegi	0,95
Segi enam	1,0 ^a
Segi delapan	1,0 ^a
Bundar	
Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat	0,85
Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal	0,85
Rangka batang menara	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

c. Kategori Ekspose

Menurut pasal 26.7.2 SNI 1727-2020 kategori ekspose untuk suatu bangunan yang terletak di daerah pinggiran kota memiliki kategori ekspose B

Kekasaran Permukaan B: Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat seukuran tempat tinggal keluarga-tunggal atau lebih besar dalam jumlah banyak.

Kekasaran Permukaan C: Dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30 ft (9,1m). Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

Kekasaran Permukaan D: Permukaan datar, area tanpa halangan dan permukaan air. Kategori ini termasuk hamparan lumpur halus.

Eksposur B: Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9,1m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku di arah melawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500 ft (457m). Untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30 ft (9,1m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah melawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan atau struktur, pilih yang terbesar.

Eksposur C: Eksposur C berlaku untuk semua kasus di mana Eksposur B atau Eksposur D tidak berlaku.

Eksposur D: Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku di arah melawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000 ft (1.524m) atau 20 kali tinggi bangunan gedung atau tinggi struktur, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah dekat dari situs dalam arah melawan angin adalah B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600 ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan gedung atau tinggi struktur, pilih yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

d. Faktor Topografi (Kzt)

Menurut pasal 26.8.2 SNI 1727-2020 kondisi situs dan lokasi bangunan yang terletak di pinggiran kota dan bukan di atas bukit atau tebing mempunyai nilai faktor topografi sebesar, $Kzt = 1$

e. Faktor Efek Hembusan Angin (G)

Menurut pasal 26.8.2 SNI 1727-2020 didapatkan nilai Faktor Efek Hembusan Angin (G) untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku adalah 0,85

f. Konstanta Eksposure Dataran

Berdasarkan tabel 26.11-1 SNI 1727-2020 didapatkan nilai $\alpha = 7,0$ dan $Z_g = 365,76$ m.

Tabel 4. 3 Konstanta Eksposure Dataran

Eksposur	α	Z_g (m)	Dalam metrik							
			\hat{a}	\hat{b}	\bar{a}	\bar{b}	c	ℓ (m)	\bar{e}	Z_{min} (m) ^a
B	7,0	365,76	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	97,54	1/3,0	9,14
C	9,5	274,32	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	152,4	1/5,0	4,57
D	11,5	213,36	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	198,12	1/8,0	2,13

- g. Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan (K_z)
Koefisien exposure tekanan kecepatan ditunjukkan pada **Tabel 4. 4**

Tabel 4. 4 Tabel Koefisien Exposure Tekanan Kecepatan, K_z

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0 – 15	0 – 4,6	0,57 (0,70) ^a	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) ^a	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) ^a	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

^aGunakan 0,70 pada Pasal 28, Eksposur B, apabila $z < 30$ ft (9,1 m).

Catatan

1. Koefisien eksposur tekanan kecepatan K_z dapat ditentukan dari rumus berikut:

$$\text{Untuk } 15 \text{ ft (4,6 m)} \leq z \leq z_g \quad K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\alpha}$$

$$\text{Untuk } z < 15 \text{ ft (4,6 m)} \quad K_z = 2,01 \left(15 / z_g \right)^{\alpha}$$

2. α dan z_g ditabulasi dalam Tabel 26.11-1.
3. Interpolasi linier untuk nilai menengah dari tinggi z boleh dilakukan.
4. Kategori eksposur didefinisikan pada Pasal 26.7.

Jika ketinggian untuk kolom bangunan, $z = 47,4$ m, maka nilai K_z sebagai berikut

$$kz = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{2/a} = 2,01 \left(\frac{47,4}{365,76} \right)^{2/7} = 1,121$$

- h. Tekanan Velositas (Q_z)

Berdasarkan SNI 1727-2020 Pasal 26.10.2, perhitungan Q_z sebagai berikut:

$$\begin{aligned} qz &= 0,613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \\ &= 0,613 \times 1,121 \times 1 \times 0,85 \times 20^2 \\ &= 233,662 \text{ N/m}^2 \\ &= 0,234 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- i. Koefisien Tekanan Dinding (C_p)

Berdasarkan SNI 1727-2020 Gambar 27.3-1 nilai koefisien tekanan dinding sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Koefisien Tekanan Dinding, C_p

Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
	0 – 1	- 0,5	q_h
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	q_h
	≥ 4	- 0,2	q_h
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

Jika nilai $L/B = 44,3 \text{ m} / 29 \text{ m} = 1,53$ maka didapat nilai C_p Tekan = 0,8 dan C_p hisap = -0,39 (hasil interpolasi)

j. Tekanan Angin Pada Bangunan

Berdasarkan SNI 1727-2020 Gambar 27.3-1 tekanan angina pada bangunan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{tekan}} &= q_z \times G \times C_p \text{ tekan} \\
 &= 0,234 \times 0,85 \times 0,8 \\
 &= 0,159 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{hisap}} &= q_z \times G \times C_p \text{ hisap} \\
 &= 0,234 \times 0,85 \times (-0,39) \\
 &= -0,078 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

k. Rekapitulasi Perhitungan Beban Angin

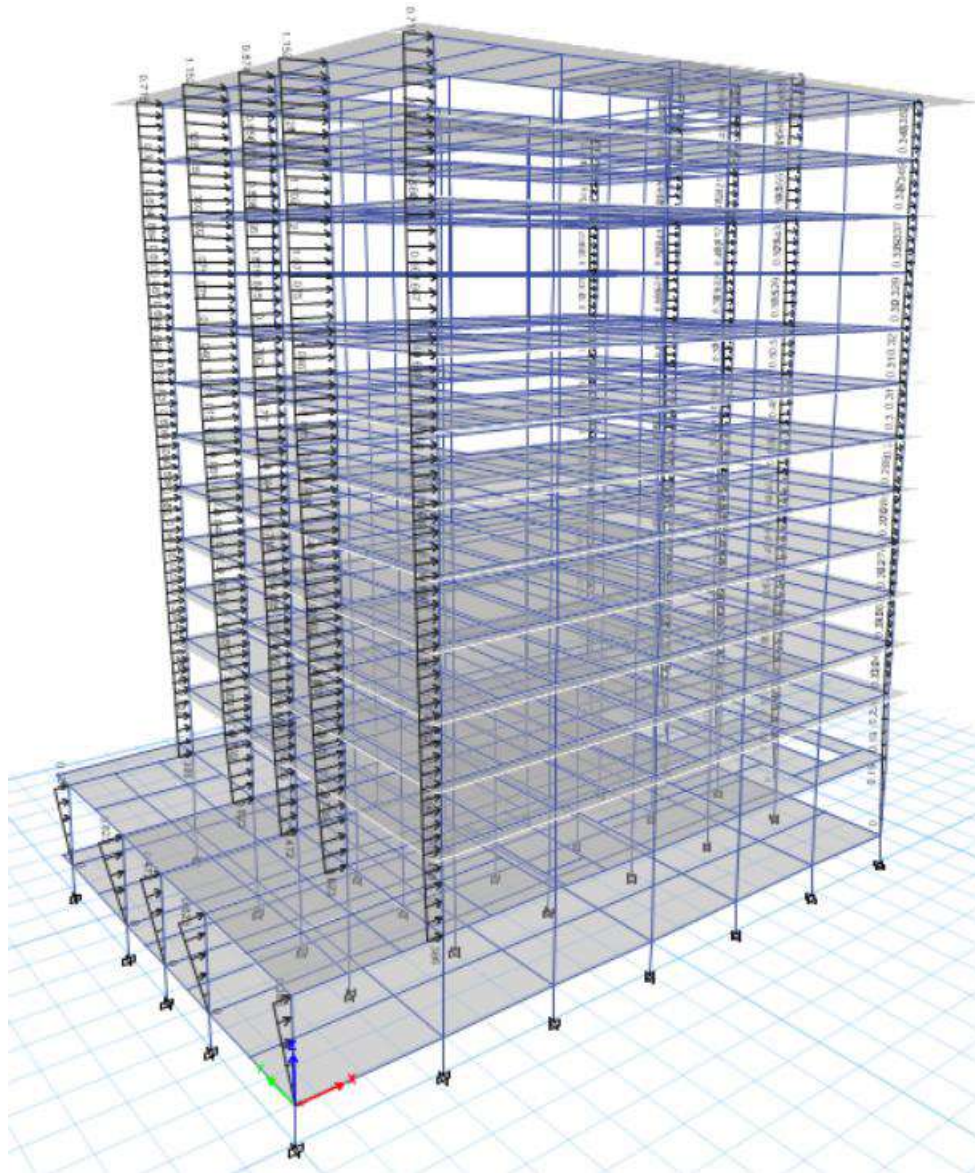
Rekapitulasi perhitungan beban angina ditunjukkan pada **Tabel 4. 6** dan **Tabel 4. 7**

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Parameter Beban Angin

Story	Z (m)	α	Zg (m)	Kz	Kd	V (m/s)	q_z (N/m ²)	q_z (kN/m ²)
RFL	47.4	7	365.76	1.121	0.85	20	233.662	0.234
13	44	7	365.76	1.098	0.85	20	228.745	0.229
12	40.6	7	365.76	1.073	0.85	20	223.549	0.224
11	37.2	7	365.76	1.046	0.85	20	218.032	0.218
10	33.8	7	365.76	1.018	0.85	20	212.142	0.212
9	30.4	7	365.76	0.987	0.85	20	205.813	0.206
8	27	7	365.76	0.955	0.85	20	198.955	0.199
7	23.6	7	365.76	0.919	0.85	20	191.450	0.191
6	20.2	7	365.76	0.879	0.85	20	183.127	0.183
5	16.8	7	365.76	0.834	0.85	20	173.733	0.174
4	13.4	7	365.76	0.781	0.85	20	162.863	0.163
3	10	7	365.76	0.719	0.85	20	149.799	0.150
2	5.5	7	365.76	0.606	0.85	20	126.277	0.126
1	0	7	365.76	0.000	0.85	20	0.000	0.000
UG	-1.9	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Perhitungan Beban Angin

Story	qz (kN/m ²)	P Tekan (kN/m ²)	P Hisap (kN/m ²)	P Tekan (kN/m)			P Hisap (kN/m)		
				L=4.5m	L=7.25m	L=5.5m	L=4.5m	L=7.25m	L=5.5m
RFL	0.234	0.159	-0.078	0.715	1.152	0.874	-	-0.567	-
13	0.229	0.156	-0.077	0.700	1.128	0.856	-	-0.555	-
12	0.224	0.152	-0.075	0.684	1.102	0.836	-	-0.543	-
11	0.218	0.148	-0.073	0.667	1.075	0.815	-	-0.529	-
10	0.212	0.144	-0.071	0.649	1.046	0.793	-	-0.515	-
9	0.206	0.140	-0.069	0.630	1.015	0.770	-	-0.500	-
8	0.199	0.135	-0.067	0.609	0.981	0.744	-	-0.483	-
7	0.191	0.130	-0.064	0.586	0.944	0.716	-	-0.465	-
6	0.183	0.125	-0.061	0.560	0.903	0.685	-	-0.445	-
5	0.174	0.118	-0.058	0.532	0.857	0.650	-	-0.422	-
4	0.163	0.111	-0.055	0.498	0.803	0.609	-	-0.395	-
3	0.150	0.102	-0.050	0.458	0.739	0.560	-	-0.364	-
2	0.126	0.086	-0.042	0.386	0.623	0.472	-	-0.307	-
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000	-
UG	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Gambar 4. 4 Input Beban Angin

4.1.3 Beban Gempa 2019

Penentuan beban gempa pada Gedung mengacu pada SNI 1726-2019 dengan tinjauan lokasi gempa pada daerah Cikarang melalui langkah-langkah sebagai berikut.

4.1.3.1 Kelas Situs

Penerapan kelas situs dihitung berdasarkan data tanah yang didapat berupa N_{spt} pada kedalaman 30 m.

Tabel 4. 8 Perhitungan Tahanan Penetrasi Rata-rata, $N_{rata-rata}$

Lapis	Kedalaman (m)	N_{spt}, N_i (blow)	Tebal, d_i (m)	d_i / N_i	Σd_i	$\Sigma d_i / N_i$	$N_{rata-rata}$
1	2	7	2	0.286	30	2.027	14.798
2	4	14	2	0.143			

3	5	15	1	0.067			
4	16	15	11	0.733			
5	19	27	3	0.111			
6	21	18	2	0.111			
7	24	17	3	0.176			
8	30	15	6	0.400			

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 5.3, $N_{rata-rata} = 14,798 < 15$ Termasuk Tanah Lunak (SE)

4.1.3.2 Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 3 untuk bangunan dengan fungsi hotel / apartemen / rumah susun termasuk kategori risiko II dan memiliki nilai faktor keutamaan gempa, $I_e = 1,0$

Tabel 4. 9 Kategori Risiko Bangunan Gedung SNI 1726-2019

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	II
- Perumahan	
- Rumah toko dan rumah kantor	
- Pasar	
- Gedung perkantoran	
- Gedung apartemen/ rumah susun	
- Pusat perbelanjaan/ mall	
- Bangunan industri	
- Fasilitas manufaktur	
- Pabrik	

Tabel 4. 10 Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2019

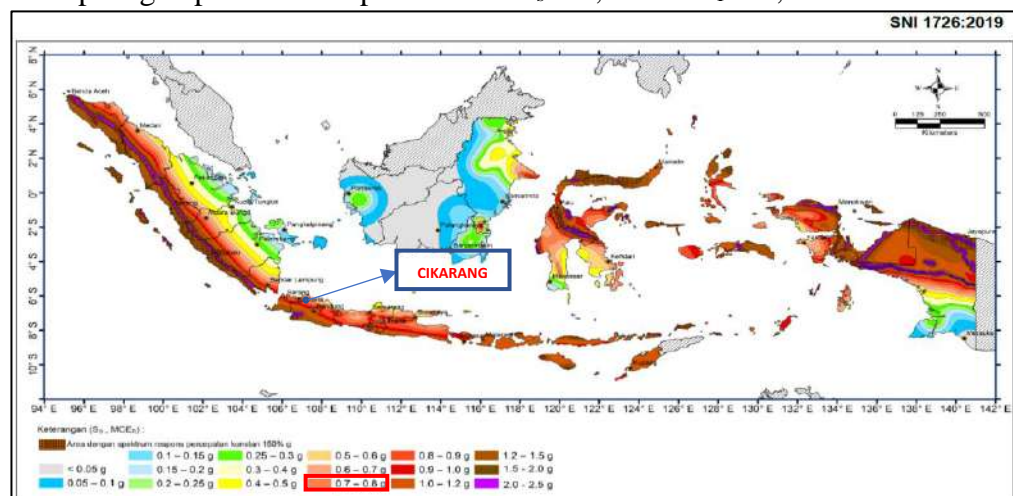
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

4.1.3.3 Desain Respons Spektrum

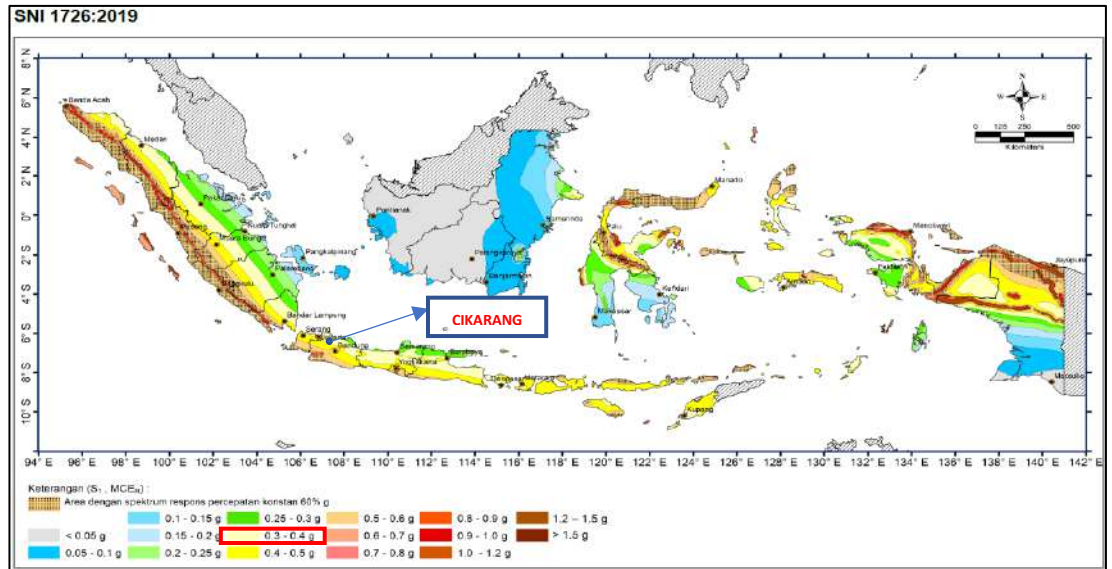
Dalam membuat grafik respons spektrum ada beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Pada peta gempa 2019 didapatkan nilai $S_s = 0,75$ dan $S_1 = 0,35$



Gambar 4. 5 Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek, S_s , SNI 1726-2019



Gambar 4. 6 Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik, S_1 , SNI 1726-2019

2. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 6.2 ditentukan nilai F_a dan F_v sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Koefisien Situs, F_a , SNI 1726-2019

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_2					
	$S_2 \leq 0,25$	$S_2 = 0,5$	$S_2 = 0,75$	$S_2 = 1,0$	$S_2 = 1,25$	$S_2 \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Tabel 4. 12 Koefisien Situs, F_v , SNI 1726-2019

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik (S_1)					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Berdasarkan tabel diatas dengan $S_s = 0,75$ dan $S_1 = 0,35$ didapatkan nilai F_a dan F_v sebagai berikut.

$$F_a = 1,30$$

$$F_v = 2,60 \text{ (hasil interpolasi)}$$

3. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Menurut pasal 6.2 SNI 1726-2019 didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,30 \times 0,75 \\ &= 0,975 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2,60 \times 0,35 \\ &= 0,910 \end{aligned}$$

Parameter percepatan desain spectral ditentukan berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2019 dengan perumusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,975 \\ &= 0,650 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,910 \\ &= 0,607 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Analisis Respons spektrum

Berdasarkan pasal 6.4 SNI 1726-2019 Pasal 6.4 didapatkan bahwa:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,607}{0,650} = 0,187 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,607}{0,650} = 0,933 \text{ detik}$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ($T \leq T_0$), spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

Asumsi saat $T = 0$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,650 \text{ g} \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,187} \right) \\ &= 0,26 \text{ g} \end{aligned}$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SDS.

$$T = T_0 = 0,187 \text{ detik}$$

$$T = T_S = 0,933 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{DS} = 0,650 \text{ g}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s ($T > T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$\text{Asumsi } T = T_s + 0,1 = 0,933 + 0,1 = 1,033 \text{ detik}$$

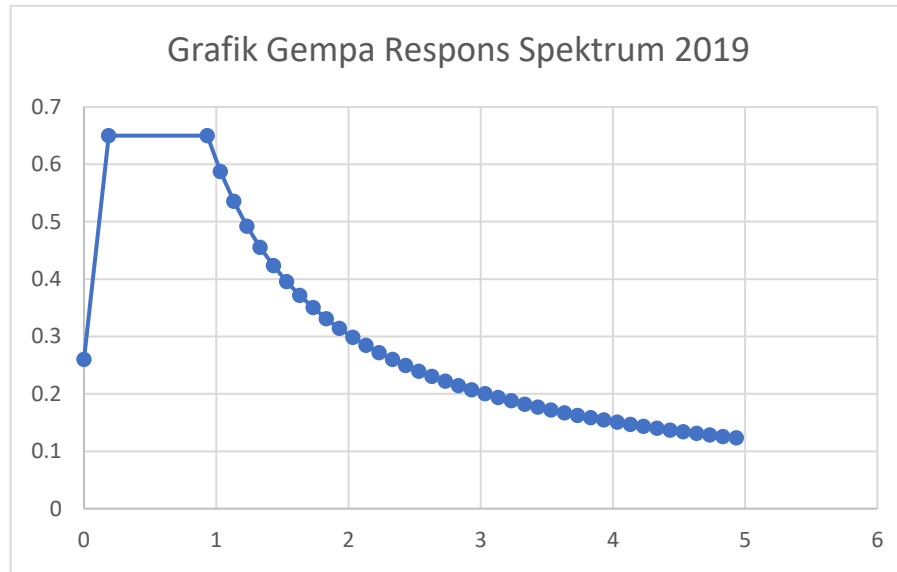
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,607}{1,033} = 0,587 \text{ detik}$$

Berikut rekapitulasi hasil perhitungan respons spektrum SNI 1726-2019

Tabel 4. 13 Perhitungan Respons Spektrum SNI 1726-2019

Spektrum Respons Desain			Spektrum Respons Desain		
Ket	T	Sa	Ket	T	Sa
	(detik)	(g)		(detik)	(g)
0	0	0.26	$T_s + 2$	2.933	0.207
T_0	0.187	0.650	$T_s + 2.1$	3.033	0.200
T_s	0.933	0.650	$T_s + 2.2$	3.133	0.194
$T_s + 0.1$	1.033	0.587	$T_s + 2.3$	3.233	0.188
$T_s + 0.2$	1.133	0.535	$T_s + 2.4$	3.333	0.182
$T_s + 0.3$	1.233	0.492	$T_s + 2.5$	3.433	0.177
$T_s + 0.4$	1.333	0.455	$T_s + 2.6$	3.533	0.172
$T_s + 0.5$	1.433	0.423	$T_s + 2.7$	3.633	0.167
$T_s + 0.6$	1.533	0.396	$T_s + 2.8$	3.733	0.163
$T_s + 0.7$	1.633	0.371	$T_s + 2.9$	3.833	0.158
$T_s + 0.8$	1.733	0.350	$T_s + 3$	3.933	0.154
$T_s + 0.9$	1.833	0.331	$T_s + 3.1$	4.033	0.150
$T_s + 1$	1.933	0.314	$T_s + 3.2$	4.133	0.147
$T_s + 1.1$	2.033	0.298	$T_s + 3.3$	4.233	0.143
$T_s + 1.2$	2.133	0.284	$T_s + 3.4$	4.333	0.140
$T_s + 1.3$	2.233	0.272	$T_s + 3.5$	4.433	0.137
$T_s + 1.4$	2.333	0.260	$T_s + 3.6$	4.533	0.134
$T_s + 1.5$	2.433	0.249	$T_s + 3.7$	4.633	0.131
$T_s + 1.6$	2.533	0.239	$T_s + 3.8$	4.733	0.128
$T_s + 1.7$	2.633	0.230	$T_s + 3.9$	4.833	0.126
$T_s + 1.8$	2.733	0.222	$T_s + 4$	4.933	0.123
$T_s + 1.9$	2.833	0.214			

5. Grafik Respons Spektrum



Gambar 4. 7 Grafik Gempa Respons Spektrum 2019

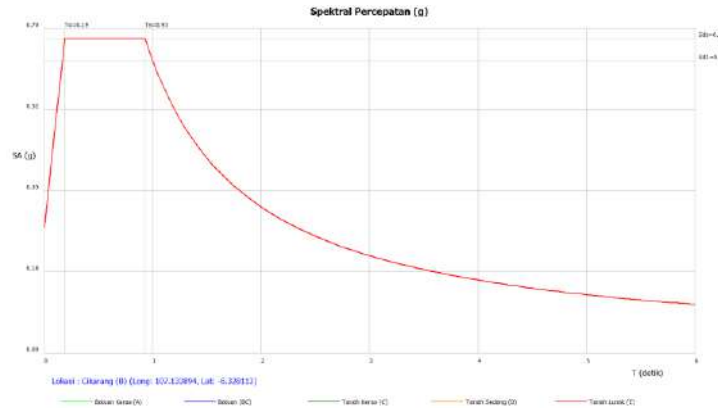
4.1.3.4 Desain Respons Spektrum Puskim 2019

Paremeter percepatan spektra diperoleh dari hasil perangkat lunak Desain Spektra Indonesia 2019 (http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2019/) dengan memasukan lokasi bangunan Cikarang dan jenis tanah Tanah Lunak (SE). Hasil dari program Desain Spektra Indonesia dapat dilihat pada tabel dibawah berikut.

Tabel 4. 14 Hasil Program Desain Spektra Indonesia 2019

Parameter	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.38
S_s (g)	0.815
S_1 (g)	0.383
C_{RS}	0
C_{R1}	0
F_{PGA}	0.9
F_A	1.248
F_V	2.467
PSA (g)	0.522
S_{MS} (g)	1.017
S_{M1} (g)	0.946
S_{DS} (g)	0.678
S_{D1} (g)	0.63
T_0 (detik)	0.186
T_s (detik)	0.929

Berikut grafik respons spektrum gempa 2019 berdasarkan program Desain Spektra Indonesia 2019.



Gambar 4. 8 Grafik Respons Spektrum Program Desain Spektra Indonesia 2019

4.1.3.5 Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik

Penentuan kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik didasarkan pada nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang terdapat pada SNI 1726-2012 Pasal 6.5.

$$S_{DS} = 0,678$$

Kategori risiko = II

$$KDS = D$$

Tabel 4. 15 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode Pendek 0,2 Detik SNI 1726-2019

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

Kategori desain seismic pada periode 1 detik

Penentuan kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik didasarkan pada nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang terdapat pada SNI 1726-2012 Pasal 6.5.

$$S_{D1} = 0,63$$

Kategori risiko = II

$$KDS = D$$

Tabel 4. 16 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode 1 Detik SNI 1726-2019

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

4.1.3.6 Menentukan Koefisien R, Ω_0 , dan C_d

Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R, faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi C_d ditentukan berdasarkan Sistem Penahan Gaya Seismik yang terdapat pada SNI 1726-2019 Pasal 7.2.2

Tabel 4. 17 Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa SNI 1726-2019

C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h,j}	TI ^h	TI ^j
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ^j
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sistem penahan gaya seismik = SRPMK Beton Bertulang

$$R = 8$$

$$C_d = 3$$

$$\Omega_0 = 5,5$$

4.1.3.7 Skala Faktor

$$SF = \frac{g \times I_e}{R} = \frac{9806.65 \times 1}{8} = 1225,83$$

4.1.3.8 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2019

Rekapitulasi parameter beban gempa 2019 ditunjukkan pada Tabel 4. 18

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2019

No.	Parameter	Nilai
1	Lokasi Bangunan	Cikarang
2	Kelas Situs	Tanah Lunak (SE)
3	Kategori Risiko Gedung	II
4	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	1
5	Percepatan Respon Spektral (S_s)	0.815
6	Percepatan Respon Spektral Periode 1 Detik (S_1)	0.383

7	Faktor Koefisien Situs (F_a)	1.248
8	Faktor Koefisien Situs (F_v)	2.467
9	Percepatan respon spektral pada periode pendek 0,2 detik (S_{DS})	0.678
10	Percepatan respon spektral pada periode 1 detik (S_{D1})	0.63
11	Kategori Desain Seismik (KDS)	D
12	Koefisien Modifikasi (R)	8
13	Faktor Kuat Lebih (Ω_0)	3
14	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	5.5
15	Skala Faktor (SF)	1225.831

4.1.4 Beban Gempa 2012

Penentuan beban gempa pada Gedung mengacu pada SNI 1726-2012 dengan tinjauan lokasi gempa pada daerah Cikarang melalui langkah-langkah sebagai berikut.

4.1.4.1 Kelas Situs

Penerapan kelas situs dihitung berdasarkan data tanah yang didapat berupa N_{spt} pada kedalaman 30 m.

Tabel 4. 19 Perhitungan Tahanan Penetrasi Rata-rata, $N_{rata-rata}$

Lapis	Kedalaman (m)	N_{spt} , N_i (blow)	Tebal, d_i (m)	d_i / N_i	Σd_i	$\Sigma d_i / N_i$	$N_{rata-rata}$
1	2	7	2	0.286	30	2.027	14.798
2	4	14	2	0.143			
3	5	15	1	0.067			
4	16	15	11	0.733			
5	19	27	3	0.111			
6	21	18	2	0.111			
7	24	17	3	0.176			
8	30	15	6	0.400			

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 5.3, $N_{rata-rata} = \mathbf{14,798} < 15$ Termasuk Tanah Lunak (SE)

4.1.4.2 Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 3 untuk bangunan dengan fungsi hotel / apartemen / rumah susun termasuk kategori risiko II dan memiliki nilai faktor keutamaan gempa, $I_e = 1,0$

Tabel 4. 20 Kategori Risiko Bangunan Gedung SNI 1726-2012

Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
---	----

Tabel 4. 21 Faktor Keutamaan Gempa SNI 1726-2012

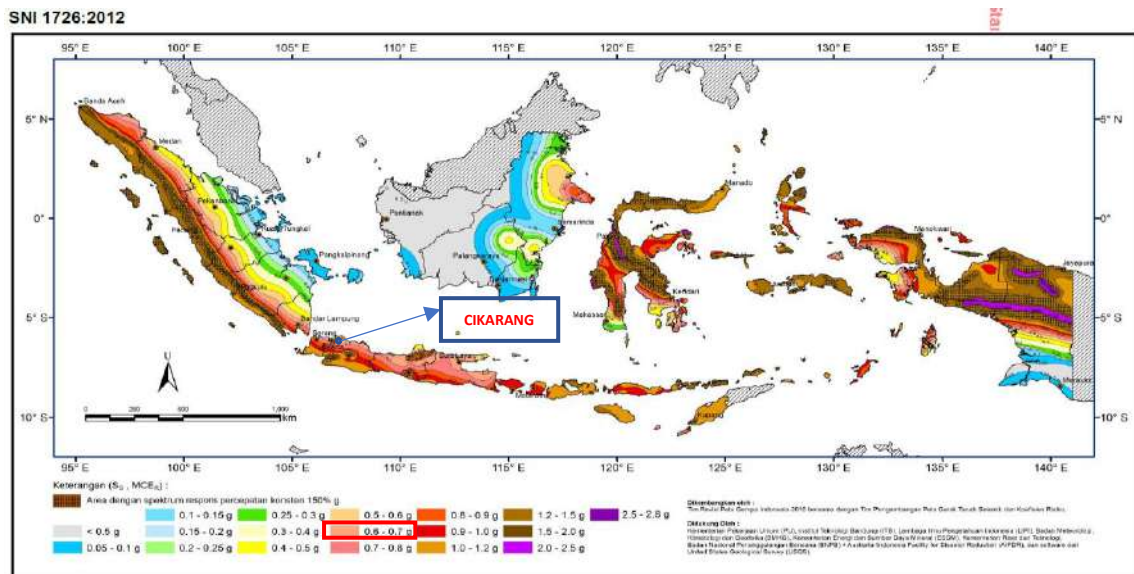
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

4.1.4.3 Desain Respons Spektrum

Dalam membuat grafik respons spektrum ada beberapa tahapan sebagai berikut.

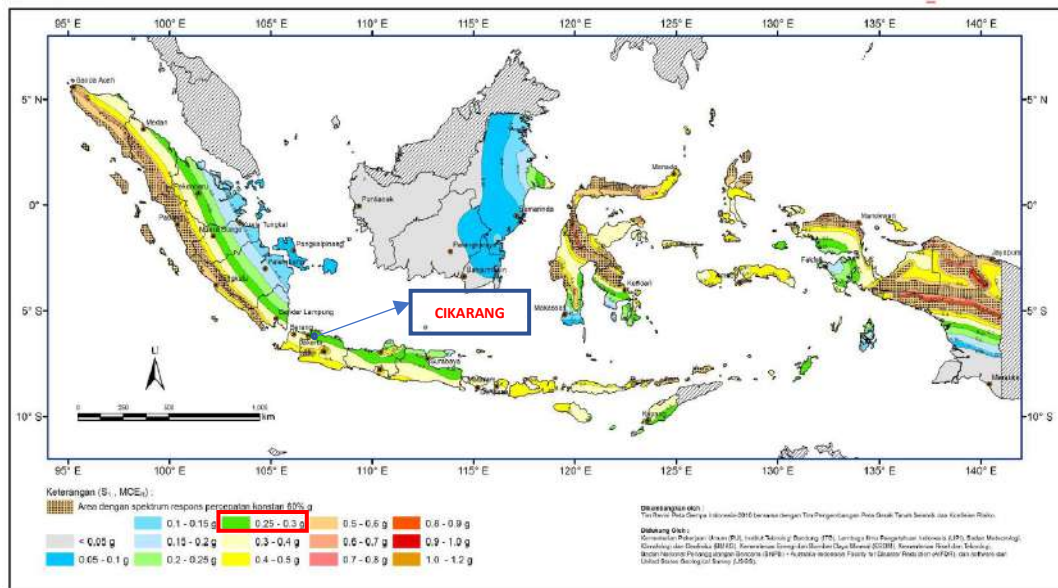
1. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Pada peta gempa 2012 didapatkan nilai $S_s = 0,65$ dan $S_1 = 0,275$



Gambar 4. 9 Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek, S_s , SNI 1726-2012

SNI 1726:2012



Gambar 4. 10 Peta Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 Detik, S_1 , SNI 1726-2012

2. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 6.2 ditentukan nilai F_a dan F_v sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Koefisien Situs, F_a , SNI 1726-2012

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

Tabel 4. 23 Koefisien Situs, F_v , SNI 1726-2012

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

Berdasarkan tabel diatas dengan $S_s = 0,65$ dan $S_1 = 0,275$ didapatkan nilai F_a dan F_v sebagai berikut.

$F_a = 1,40$ (hasil interpolasi)

$F_v = 2,90$ (hasil interpolasi)

3. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral

Menurut pasal 6.2 SNI 1726-2012 didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \times S_s \\ &= 1,40 \times 0,65 \\ &= 0,910 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \times S_1 \\ &= 2,90 \times 0,275 \\ &= 0,798 \end{aligned}$$

Parameter percepatan desain spectral ditentukan berdasarkan pasal 6.3 SNI 1726-2012 dengan perumusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_{DS} &= \frac{2}{3} \times S_{MS} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,910 \\ &= 0,607 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= \frac{2}{3} \times S_{M1} \\ &= \frac{2}{3} \times 0,798 \\ &= 0,532 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Analisis Respons spektrum

Berdasarkan pasal 6.4 SNI 1726-2012 Pasal 6.4 didapatkan bahwa:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,532}{0,607} = 0,175 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,532}{0,607} = 0,876 \text{ detik}$$

$$T_L = 20 \text{ detik}$$

Ketentuan untuk perhitungan respons spektrum:

Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 ($T \leq T_0$), spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

Asumsi saat $T = 0$

$$\begin{aligned} S_a &= S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \\ &= 0,607 \text{ g} \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,175} \right) \\ &= 0,24 \text{ g} \end{aligned}$$

Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SDS.

$$T = T_0 = 0,175 \text{ detik}$$

$$T = T_s = 0,876 \text{ detik}$$

$$S_a = S_{DS} = 0,607 \text{ g}$$

Untuk periode yang lebih besar dari T_s ($T > T_s$), spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$\text{Asumsi } T = T_s + 0,1 = 0,876 + 0,1 = 0,976 \text{ detik}$$

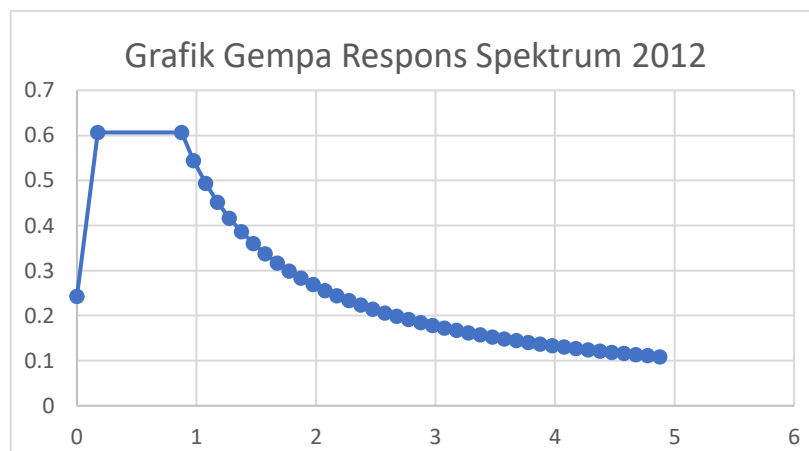
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,607}{1,033} = 0,587 \text{ detik}$$

Berikut rekapitulasi hasil perhitungan respons spektrum SNI 1726-2012

Tabel 4. 24 Perhitungan Respons Spektrum SNI 1726-2012

Spektrum Respons Desain			Spektrum Respons Desain		
Ket	T	Sa	Ket	T	Sa
	(detik)	(g)		(detik)	(g)
0	0	0.243	Ts + 2	2.876	0.185
To	0.175	0.607	Ts + 2.1	2.976	0.179
Ts	0.876	0.607	Ts + 2.2	3.076	0.173
Ts + 0.1	0.976	0.545	Ts + 2.3	3.176	0.167
Ts + 0.2	1.076	0.494	Ts + 2.4	3.276	0.162
Ts + 0.3	1.176	0.452	Ts + 2.5	3.376	0.157
Ts + 0.4	1.276	0.417	Ts + 2.6	3.476	0.153
Ts + 0.5	1.376	0.386	Ts + 2.7	3.576	0.149
Ts + 0.6	1.476	0.360	Ts + 2.8	3.676	0.145
Ts + 0.7	1.576	0.337	Ts + 2.9	3.776	0.141
Ts + 0.8	1.676	0.317	Ts + 3	3.876	0.137
Ts + 0.9	1.776	0.299	Ts + 3.1	3.976	0.134
Ts + 1	1.876	0.283	Ts + 3.2	4.076	0.130
Ts + 1.1	1.976	0.269	Ts + 3.3	4.176	0.127
Ts + 1.2	2.076	0.256	Ts + 3.4	4.276	0.124
Ts + 1.3	2.176	0.244	Ts + 3.5	4.376	0.121
Ts + 1.4	2.276	0.234	Ts + 3.6	4.476	0.119
Ts + 1.5	2.376	0.224	Ts + 3.7	4.576	0.116
Ts + 1.6	2.476	0.215	Ts + 3.8	4.676	0.114
Ts + 1.7	2.576	0.206	Ts + 3.9	4.776	0.111
Ts + 1.8	2.676	0.199	Ts + 4	4.876	0.109
Ts + 1.9	2.776	0.191			

5. Grafik Respons Spektrum



Gambar 4. 11 Grafik Gempa Respons Spektrum 2012

4.1.4.4 Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik

Penentuan kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik didasarkan pada nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang terdapat pada SNI 1726-2012 Pasal 6.5.

$$S_{DS} = 0,607$$

Kategori risiko = II

$$KDS = D$$

Tabel 4. 25 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode Pendek 0,2 Detik SNI 1726-2012

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

Kategori desain seismic pada periode 1 detik

Penentuan kategori desain seismic pada periode pendek 0,2 detik didasarkan pada nilai S_{DS} dan kategori risiko bangunan yang terdapat pada SNI 1726-2012 Pasal 6.5.

$$S_{D1} = 0,532$$

Kategori risiko = II

$$KDS = D$$

Tabel 4. 26 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Periode 1 Detik SNI 1726-2012

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

4.1.4.5 Menentukan Koefisien R, Ω_0 , dan C_d

Koefisien modifikasi respon yang sesuai, R, faktor kuat lebih sistem, Ω_0 , dan koefisien amplifikasi defleksi C_d ditentukan berdasarkan Sistem Penahan Gaya Seismik yang terdapat pada SNI 1726-2019 Pasal 7.2.2

Tabel 4. 27 Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa SNI 1726-2012

C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{R_u}	TI ^R	TI ^I
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^R	TI ^R	TI ^I
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

Sistem penahan gaya seismik = SRPMK Beton Bertulang

$$R = 8$$

$$C_d = 3$$

$$\Omega_0 = 5,5$$

4.1.4.6 Skala Faktor

$$SF = \frac{g \times I_e}{R} = \frac{9806.65 \times 1}{8} = 1225,83$$

4.1.4.7 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2012 dan Gempa 2019

Tabel 4. 28 Rekapitulasi Parameter Beban Gempa 2012 dan Gempa 2019

No.	Parameter	Gempa 2012	Gempa 2019
1	Lokasi Bangunan	Cikarang	Cikarang
2	Kelas Situs	Tanah Lunak (SE)	Tanah Lunak (SE)
3	Kategori Risiko Gedung	II	II
4	Faktor Keutamaan Gempa (I_e)	1	1
5	Percepatan Respon Spektral (S_s)	0.65	0.815
6	Percepatan Respon Spektral Periode 1 Detik (S_1)	0.275	0.383
7	Faktor Koefisien Situs (F_a)	1.40	1.248
8	Faktor Koefisien Situs (F_v)	2.90	2.467
9	Percepatan respon spektral pada periode pendek 0,2 detik (S_{DS})	0.607	0.678
10	Percepatan respon spektral pada periode 1 detik (S_{D1})	0.532	0.63
11	Kategori Desain Seismik (KDS)	D	D
12	Koefisien Modifikasi (R)	8	8
13	Faktor Kuat Lebih (Ω_0)	3	3
14	Faktor Pembesaran Defleksi (C_d)	5.5	5.5
15	Skala Faktor (SF)	1225.831	1225.83125

4.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan pada struktur atas berdasarkan SNI Gempa 1726-2019 adalah sebagai berikut.

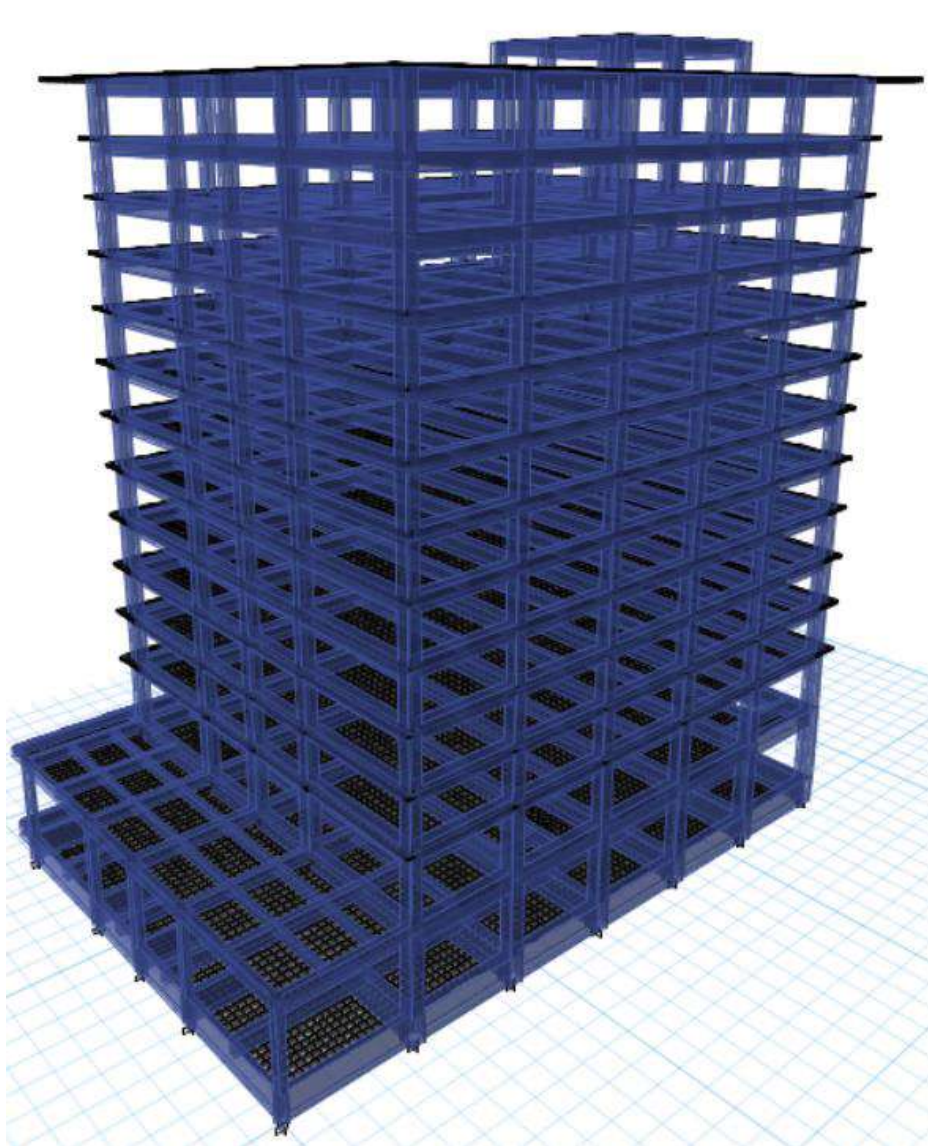
1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL
3. (1,2+0,2SDS)DL + LL ± 0,3 QEX ± 1 QEY
4. (1,2+0,2SDS)DL + LL ± 1 QEX ± 0,3 QEY
5. (0.9-0,2SDS)DL ± 0,3 QEX ± 1 QEY

6. $(0,9-0,2SDS)DL \pm 1 Q_{EX} \pm 0,3 Q_{EY}$

Untuk kombinasi pembebanan pada struktur bawah atau pondasi sebagai berikut.

1. $1DL + 1LL$
2. $1DL + 1LL \pm 0,3Q_{EX} \pm 1Q_{EY}$
3. $1DL + 1LL \pm 1Q_{EX} \pm 0,3Q_{EY}$

4.3 Permodelan Struktur



Gambar 4. 12 Permodelan Struktur 3D

Permodelan struktur bangunan 3D ini menggunakan software ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems*) dengan sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

4.4 Pemeriksaan Jumlah Ragam Gempa 2019

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100%

Tabel 4. 29 Jumlah Ragam Gempa 2019 Hasil Analisis ETABS

Mode	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY	Mode	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY
1	Modal	2.04	1.25E-05	0.6615	24	Modal	0.103	0.8865	0.8877
2	Modal	1.987	0.6889	0.6615	25	Modal	0.096	0.8865	0.8885
3	Modal	1.811	0.6891	0.6834	26	Modal	0.093	0.8875	0.8885
4	Modal	0.719	0.6891	0.783	27	Modal	0.088	0.8875	0.8895
5	Modal	0.703	0.7896	0.783	28	Modal	0.085	0.8875	0.8895
6	Modal	0.645	0.7896	0.7874	29	Modal	0.083	0.8882	0.8895
7	Modal	0.421	0.7896	0.8315	30	Modal	0.077	0.8882	0.89
8	Modal	0.41	0.8329	0.8315	31	Modal	0.074	0.8882	0.8903
9	Modal	0.383	0.833	0.8334	32	Modal	0.074	0.8887	0.8903
10	Modal	0.287	0.833	0.8562	33	Modal	0.07	0.8887	0.8904
11	Modal	0.28	0.8551	0.8562	34	Modal	0.066	0.8889	0.8916
12	Modal	0.264	0.8552	0.8571	35	Modal	0.066	0.8895	0.8917
13	Modal	0.213	0.8552	0.8714	36	Modal	0.063	0.8897	0.8928
14	Modal	0.209	0.8699	0.8714	37	Modal	0.061	0.8943	0.9363
15	Modal	0.199	0.87	0.8716	38	Modal	0.06	0.8951	0.9367
16	Modal	0.165	0.87	0.8802	39	Modal	0.06	0.8954	0.9368
17	Modal	0.163	0.8794	0.8802	40	Modal	0.057	0.8955	0.9375
18	Modal	0.157	0.8794	0.8802	41	Modal	0.056	0.9603	0.9464
19	Modal	0.134	0.8794	0.8849	42	Modal	0.056	0.9625	0.9466
20	Modal	0.133	0.8841	0.8849	43	Modal	0.055	0.9924	0.9505
21	Modal	0.126	0.8841	0.885	44	Modal	0.053	0.9935	0.9572
22	Modal	0.111	0.8841	0.8876	45	Modal	0.052	1	1
23	Modal	0.11	0.8865	0.8876					

Berdasarkan hasil analisis pada 45 mode sudah mencapai 100% yang berarti beban dinamik yang bekerja sudah efektif.

Gempa 2012

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal 7.9.1.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 90%

Tabel 4. 30 Jumlah Ragam Gempa 2012 Hasil Analisis ETABS

Mode	Case	Period	Sum UX	Sum UY	Mode	Case	Period	Sum UX	Sum UY
		sec					sec		
1	MODAL	2.04	1.25E-05	0.6615	22	MODAL	0.111	0.8841	0.8876
2	MODAL	1.987	0.6889	0.6615	23	MODAL	0.11	0.8865	0.8876
3	MODAL	1.811	0.6891	0.6834	24	MODAL	0.103	0.8865	0.8877
4	MODAL	0.719	0.6891	0.783	25	MODAL	0.096	0.8865	0.8885
5	MODAL	0.703	0.7896	0.783	26	MODAL	0.093	0.8875	0.8885
6	MODAL	0.645	0.7896	0.7874	27	MODAL	0.088	0.8875	0.8895
7	MODAL	0.421	0.7896	0.8315	28	MODAL	0.085	0.8875	0.8895
8	MODAL	0.41	0.8329	0.8315	29	MODAL	0.083	0.8882	0.8895
9	MODAL	0.383	0.833	0.8334	30	MODAL	0.077	0.8882	0.89
10	MODAL	0.287	0.833	0.8562	31	MODAL	0.074	0.8882	0.8903
11	MODAL	0.28	0.8551	0.8562	32	MODAL	0.074	0.8887	0.8903
12	MODAL	0.264	0.8552	0.8571	33	MODAL	0.07	0.8887	0.8904
13	MODAL	0.213	0.8552	0.8714	34	MODAL	0.066	0.8889	0.8916
14	MODAL	0.209	0.8699	0.8714	35	MODAL	0.066	0.8895	0.8917
15	MODAL	0.199	0.87	0.8716	36	MODAL	0.063	0.8897	0.8928
16	MODAL	0.165	0.87	0.8802	37	MODAL	0.061	0.8943	0.9363
17	MODAL	0.163	0.8794	0.8802	38	MODAL	0.06	0.8951	0.9367
18	MODAL	0.157	0.8794	0.8802	39	MODAL	0.06	0.8954	0.9368
19	MODAL	0.134	0.8794	0.8849	40	MODAL	0.057	0.8955	0.9375
20	MODAL	0.133	0.8841	0.8849	41	MODAL	0.056	0.9603	0.9464
21	MODAL	0.126	0.8841	0.885					

Berdasarkan hasil analisis pada 41 mode sudah mencapai 90% yang berarti beban dinamik yang bekerja sudah efektif.

4.5 Periode Struktur Fundamental Gempa 2019

Periode struktur fundamental memiliki batas bawah dan batas atas yang dihitung sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2

$$S_{D1} = 0,63$$

Tabel 4. 31 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung SNI 1726-2019

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	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

Tabel 4. 32 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x SNI 1726-2019

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

Maka didapat data sebagai berikut.

$$h_n = 50,5 \text{ m}$$

$$C_u = 1,4$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$\begin{aligned} T_{a_{\min}} &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0466 \times 50,5^{0,9} \\ &= 1,590 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{a_{\max}} &= C_u \times T_{a_{\min}} \\ &= 1,4 \times 1,590 \\ &= 2,225 \end{aligned}$$

Tabel 4. 33 Pengecekan Nilai Periode Struktur Gempa 2019

Arah	T _{min}	T _c (Etabs)	T _{max}
T _x	1,590	2,040	2,226
T _y	1,590	1,987	2,226

Berdasarkan SNI 1726-2019 periode struktur tidak boleh melebihi batasan sebagai berikut.

- Jika $T_{struktur} < T_{min}$, maka digunakan T_{min}
- Jika $T_{min} < T_{struktur} < T_{maks}$, maka digunakan $T_{struktur}$
- Jika $T_{struktur} > T_{maks}$, maka digunakan T_{maks}

Maka periode struktur yang digunakan adalah

$$T_x = 2,040$$

$$T_y = 1,987$$

Gempa 2012

Periode struktur fundamental memiliki batas bawah dan batas atas yang dihitung sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2

$$S_{D1} = 0,63$$

Tabel 4. 34 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung SNI 1726-2012

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	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

Tabel 4. 35 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x SNI 1726-2012

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

Maka didapat data sebagai berikut.

$$h_n = 50,5 \text{ m}$$

$$C_u = 1,4$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$\begin{aligned} T_{\min} &= C_t \times h_n^x \\ &= 0,0466 \times 50,5^{0,9} \\ &= 1,590 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= C_u \times T_{\min} \\ &= 1,4 \times 0,436 \\ &= 2,225 \end{aligned}$$

Tabel 4. 36 Pengecekan Nilai Periode Struktur Gempa 2012

Arah	T _{min}	T _c (Etabs)	T _{max}
T _x	1,590	2,040	2,226
T _y	1,590	1,987	2,226

Berdasarkan SNI 1726-2019 periode struktur tidak boleh melebihi batasan sebagai berikut.

- Jika $T_{\text{struktur}} < T_{\min}$, maka digunakan T_{\min}
- Jika $T_{\min} < T_{\text{struktur}} < T_{\max}$, maka digunakan T_{struktur}
- Jika $T_{\text{struktur}} > T_{\max}$, maka digunakan T_{\max}

Maka periode struktur yang digunakan adalah

$$T_x = 2,040$$

$$T_y = 1,987$$

4.6 Analisis Beban Gempa Respons Spektrum

4.6.1 Gaya Geser Dasar Gempa Dinamik

Gaya geser dasar gempa dinamik diperoleh dari hasil perhitungan ETABS berdasarkan kurva respons spektrum yang telah diinputkan.

Gempa 2019

Tabel 4. 37 Gaya Geser Dasar Respons Spektrum Gempa 2019

Load Case	FX (kN)	FY (kN)
Eqx	5360,24	161,64
Eqy	161,64	5126,71

Gempa 2012

Tabel 4. 38 Gaya Geser Dasar Respons Spektrum Gempa 2012

Load Case	FX (kN)	FY (kN)
Eqx	4634,14	169,06
Eqy	169,06	4634,14

4.6.2 Berat Seismik Efektif

Berat seismik efektif diperoleh dari hasil perhitungan ETABS

Tabel 4. 39 Berat Seismik Efektif (W)

Load Case	Kontribusi	Berat (kN)
Dead	100%	153093.19
SDL	100%	30106.15
SDL 2	100%	13858.83
SDL 3	100%	6906.01
SDL 4	100%	3898.54
Live	25%	222.00
W_t		208084.71

4.6.3 Analisis Gaya Geser Statik, V₁

Gempa 2019

Gaya geser akibat gempa statik ditentukan untuk mengontrol respons spektrum agar sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1 yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_1 = C_s \times W$$

Dimana:

C_s = Koefisien respons seismik W = Berat seismic efektif

Nilai koefisien respons seismik :

Arah X

a. Nilai C_s minimum

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,678 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,03 \geq 0,01 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

b. Nilai Cs maksimum

$$\begin{aligned}Cs \text{ maks} &= \frac{S_{D1}}{T x \left(\frac{R}{Ie}\right)} \\&= \frac{0,63}{2,040 x \left(\frac{8}{1}\right)} \\&= 0,039\end{aligned}$$

c. Nilai Cs hitung

$$\begin{aligned}Cs &= \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{Ie}\right)} \\&= \frac{0,63}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\&= 0,085\end{aligned}$$

Cek koefisien respons seismik

$$Cs \text{ min} \leq Cs \leq Cs \text{ maks}$$

$$0,030 \leq 0,085 \leq 0,039$$

Maka nilai Cs = Cs maks = 0,039

Arah Y

a. Nilai Cs minimum

$$\begin{aligned}Cs \text{ min} &= 0,044 x S_{DS} x Ie \geq 0,01 \\&= 0,044 x 0,678 x 1 \geq 0,01 \\&= 0,03 \geq 0,01 \dots \mathbf{Ok!}\end{aligned}$$

b. Nilai Cs maksimum

$$\begin{aligned}Cs \text{ maks} &= \frac{S_{D1}}{T x \left(\frac{R}{Ie}\right)} \\&= \frac{0,63}{1,987 x \left(\frac{8}{1}\right)} \\&= 0,040\end{aligned}$$

c. Nilai Cs hitung

$$\begin{aligned}Cs &= \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{Ie}\right)} \\&= \frac{0,63}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\&= 0,085\end{aligned}$$

Cek koefisien respons seismik

$$C_s \text{ min} \leq C_s \leq C_s \text{ maks}$$

$$0,030 \leq 0,085 \leq 0,040$$

Maka nilai $C_s = C_s \text{ maks} = 0,040$

Sehingga gaya geser statik sebesar:

$$\begin{aligned} V_{1x} &= C_s \times W \\ &= 0,039 \times 208084,71 \text{ kN} \\ &= 8032,68 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{1y} &= C_s \times W \\ &= 0,040 \times 208084,71 \text{ kN} \\ &= 8246,94 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gempa 2012

Gaya geser akibat gempa statik ditentukan untuk mengontrol respons spektrum agar sesuai dengan persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1 yang ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_1 = C_s \times W$$

Dimana:

C_s = Koefisien respons seismik W = Berat seismic efektif

Nilai koefisien respons seismik :

Arah X

a. Nilai C_s minimum

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,607 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,027 \geq 0,01 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

b. Nilai C_s maksimum

$$\begin{aligned} C_s \text{ maks} &= \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,532}{2,040 \times \left(\frac{8}{1}\right)} \end{aligned}$$

$$= 0,032$$

c. Nilai Cs hitung

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,532}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,076 \end{aligned}$$

Cek koefisien respons seismik

$$C_s \text{ min} \leq C_s \leq C_s \text{ maks}$$

$$0,027 \leq 0,076 \leq 0,032$$

Maka nilai $C_s = C_s \text{ maks} = 0,032$

Arah Y

a. Nilai Cs minimum

$$\begin{aligned} C_s \text{ min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,607 \times 1 \geq 0,01 \\ &= 0,027 \geq 0,01 \dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

b. Nilai Cs maksimum

$$\begin{aligned} C_s \text{ maks} &= \frac{S_{D1}}{T \times \left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,532}{21,987 \times \left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

c. Nilai Cs hitung

$$\begin{aligned} C_s &= \frac{S_{D1}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \\ &= \frac{0,532}{\left(\frac{8}{1}\right)} \\ &= 0,076 \end{aligned}$$

Cek koefisien respons seismik

$$C_s \text{ min} \leq C_s \leq C_s \text{ maks}$$

$$0,027 \leq 0,076 \leq 0,033$$

Maka nilai $C_s = C_s \text{ maks} = 0,033$

Sehingga gaya geser statik sebesar:

$$\begin{aligned}V_{1x} &= C_s \times W \\ &= 0,032 \times 208084,71 \text{ kN} \\ &= 6778,90 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{1y} &= C_s \times W \\ &= 0,033 \times 208084,71 \text{ kN} \\ &= 6959,72 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.6.4 Kontrol Respons Spektrum dengan Gempa Statik Gempa 2019

V_{RSP} harus memenuhi SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4 yakni melebihi atau sama dengan nilai 100% V_1 dengan analisis sebagai berikut

$$V_{RSP} \geq V_1$$

Dimana:

$$V_{RSP} Eq_x = 5360,24 \text{ kN}$$

$$V_{RSP} Eq_y = 5126,71 \text{ kN}$$

$$V_{1x} = 8032,68 \text{ kN}$$

$$V_{1y} = 8246,94 \text{ kN}$$

Sehingga:

$$V_{RSP} Eq_x \geq V_{1x}$$

$$5360,24 \text{ kN} < 8032,68 \text{ kN} \text{Not Ok}$$

$$V_{RSP} Eq_y \geq V_{1y}$$

$$5126,71 \text{ kN} < 8246,94 \text{ kN} \text{Not Ok}$$

Gempa dinamik harus dikalikan dengan faktor skala baru

$$\text{Faktor skala} = V_1 / V_{RSP}$$

$$V_{1x} / V_{RSP} Eq_x = 8032,68 \text{ kN} / 5360,24 \text{ kN} = 1,499$$

$$V_{1y} / V_{RSP} Eq_y = 8246,94 \text{ kN} / 5126,71 \text{ kN} = 1,609$$

Gempa 2012

V_{RSP} harus memenuhi SNI 1726-2019 pasal 7.9.4.1 yakni melebihi atau sama dengan nilai 85% V_1 dengan analisis sebagai berikut

$$V_{RSP} \geq V_1$$

Dimana:

$$V_{RSP Eqx} = 4634,14 \text{ kN}$$

$$V_{RSP Eqy} = 4436,02 \text{ kN}$$

$$V_{1x} = 0,85 \times 6778,90 \text{ kN} = 5762.07 \text{ kN}$$

$$V_{1y} = 0,85 \times 6959,72 \text{ kN} = 5915.76 \text{ kN}$$

Sehingga:

$$V_{RSP Eqx} \geq V_{1x}$$

$$4634,14 \text{ kN} < 5762.07 \text{ kN} \dots\text{Not Ok}$$

$$V_{RSP Eqy} \geq V_{1y}$$

$$4436,02 \text{ kN} < 5915.76 \text{ kN} \dots\text{Not Ok}$$

Gempa dinamik harus dikalikan dengan faktor skala baru

$$\text{Faktor skala} = V_1 / V_{RSP}$$

$$V_{1x} / V_{RSP Eqx} = 5762.07 \text{ kN} / 4634,14 \text{ kN} = 1,243$$

$$V_{1y} / V_{RSP Eqy} = 5915.76 \text{ kN} / 4436,02 \text{ kN} = 1,334$$

4.7 Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat x (Δ_x) harus ditentukan sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.8.6.

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \quad \Delta_x = \frac{C_d \times (\delta_{xe+1} - \delta_{xe})}{I_e}$$

Dimana:

δ_{xe} = Defleksi pada tingkat x yang ditinjau

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

I_e = Faktor keutamaan = 1

Δ_x = Simpangan antar tingkat

Simpangan antar lantai desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_{ijin}) sesuai SNI 1726-2019 Pasal 7.12.1

Tabel 4. 40 Simpangan Antar Lantai Ijin (Ijin) SNI 1726-2019

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_{xx} ^c	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}	0,010 h_{xx}

Dimana:

h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x

Maka perhitungan simpangan antar lantai sebagai berikut.

Tabel 4. 41 Simpangan Antar Lantai Arah X Gempa 2019

Story	Load Case/Combo	Direction	δ	δ_{xe}	Cd	Δx	Tinggi Tingkat	Δ_{ijin}	Cek
			mm	mm		mm		mm	
RFL	Ex Max	X	79.707	2.16	5.5	11.880	3400	68.000	Ok
13	Ex Max	X	77.547	3.38	5.5	18.590	3400	68.000	Ok
12	Ex Max	X	74.167	4.488	5.5	24.684	3400	68.000	Ok
11	Ex Max	X	69.679	5.141	5.5	28.276	3400	68.000	Ok
10	Ex Max	X	64.538	5.525	5.5	30.388	3400	68.000	Ok
9	Ex Max	X	59.013	5.846	5.5	32.153	3400	68.000	Ok
8	Ex Max	X	53.167	6.461	5.5	35.536	3400	68.000	Ok
7	Ex Max	X	46.706	6.943	5.5	38.187	3400	68.000	Ok
6	Ex Max	X	39.763	7.464	5.5	41.052	3400	68.000	Ok
5	Ex Max	X	32.299	7.487	5.5	41.179	3400	68.000	Ok
4	Ex Max	X	24.812	7.355	5.5	40.453	3400	68.000	Ok
3	Ex Max	X	17.457	8.993	5.5	49.462	4500	90.000	Ok
2	Ex Max	X	8.464	8.008	5.5	44.044	5500	110.000	Ok
1	Ex Max	X	0.456	0.456	5.5	2.508	1900	38.000	Ok
UG	Ex Max	X	0.000	0.000	5.5	0.000	0.000	0.000	Ok

Tabel 4. 42 Simpangan Antar Lantai Arah Y Gempa 2019

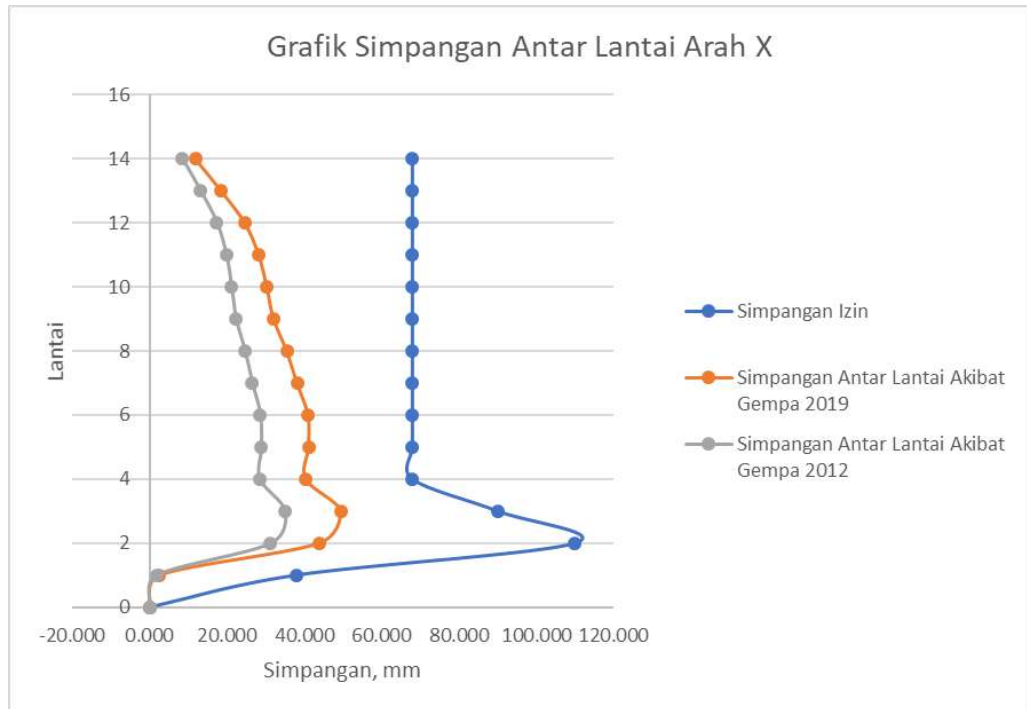
Story	Load Case/Combo	Direction	δ	δ_{ye}	Cd	Δy	Tinggi Tingkat	Δ_{ijin}	Cek
			mm	mm		mm		mm	
RFL	Ey Max	Y	97.240	2.836	5.5	15.598	3400	68.000	Ok
13	Ey Max	Y	94.404	4.268	5.5	23.474	3400	68.000	Ok
12	Ey Max	Y	90.136	5.468	5.5	30.074	3400	68.000	Ok
11	Ey Max	Y	84.668	6.219	5.5	34.205	3400	68.000	Ok
10	Ey Max	Y	78.449	6.781	5.5	37.296	3400	68.000	Ok
9	Ey Max	Y	71.668	7.290	5.5	40.095	3400	68.000	Ok
8	Ey Max	Y	64.378	8.028	5.5	44.154	3400	68.000	Ok
7	Ey Max	Y	56.350	8.603	5.5	47.317	3400	68.000	Ok
6	Ey Max	Y	47.747	9.194	5.5	50.567	3400	68.000	Ok
5	Ey Max	Y	38.553	9.124	5.5	50.182	3400	68.000	Ok
4	Ey Max	Y	29.429	8.819	5.5	48.505	3400	68.000	Ok
3	Ey Max	Y	20.610	10.475	5.5	57.613	4500	90.000	Ok
2	Ey Max	Y	10.135	9.540	5.5	52.470	5500	110.000	Ok
1	Ey Max	Y	0.595	0.595	5.5	3.273	1900	38.000	Ok
UG	Ey Max	Y	0.000	0.000	5.5	0.000	0.000	0.000	Ok

Tabel 4. 43 Simpangan Antar Lantai Arah X Gempa 2012

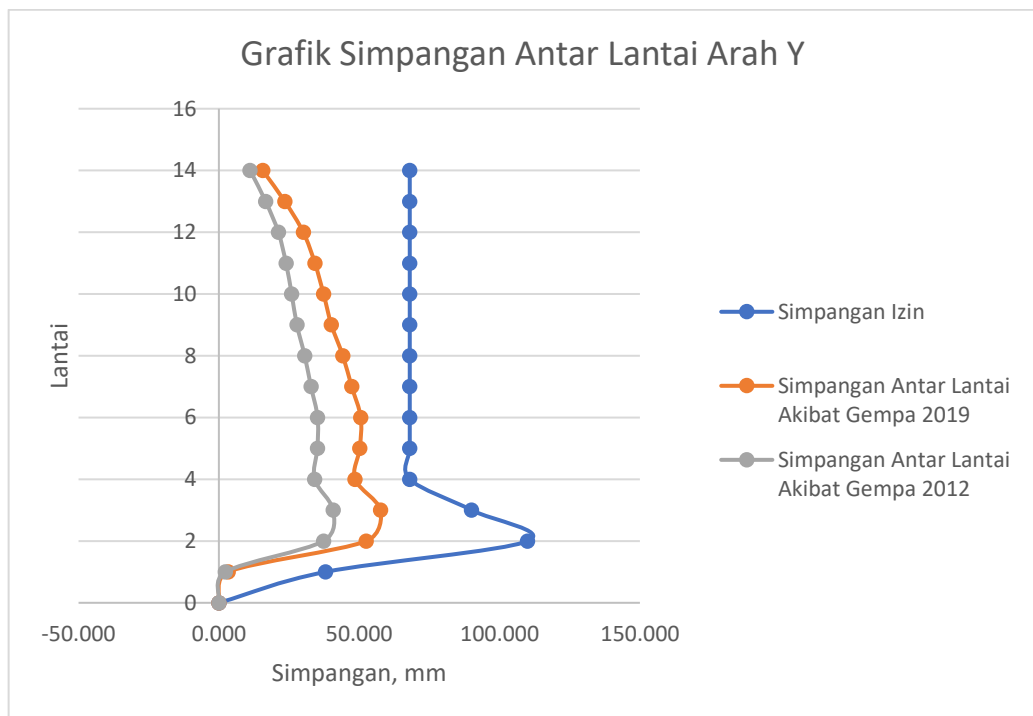
Story	Load Case/Combo	Direction	δ	δ_{xe}	Cd	Δx	Tinggi Tingkat	Δ_{ijin}	Cek
			mm	mm		mm		mm	
14	Ex Max	X	55.881	1.543	5.5	8.487	3400	68.00	Ok
13	Ex Max	X	54.338	2.402	5.5	13.211	3400	68.00	Ok
12	Ex Max	X	51.936	3.165	5.5	17.408	3400	68.00	Ok
11	Ex Max	X	48.771	3.600	5.5	19.800	3400	68.00	Ok
10	Ex Max	X	45.171	3.845	5.5	21.148	3400	68.00	Ok
9	Ex Max	X	41.326	4.057	5.5	22.314	3400	68.00	Ok
8	Ex Max	X	37.269	4.479	5.5	24.635	3400	68.00	Ok
7	Ex Max	X	32.790	4.820	5.5	26.510	3400	68.00	Ok
6	Ex Max	X	27.970	5.196	5.5	28.578	3400	68.00	Ok
5	Ex Max	X	22.774	5.236	5.5	28.798	3400	68.00	Ok
4	Ex Max	X	17.538	5.169	5.5	28.430	3400	68.00	Ok
3	Ex Max	X	12.369	6.353	5.5	34.942	4500	90.00	Ok
2	Ex Max	X	6.016	5.690	5.5	31.295	5500	110.00	Ok
1	Ex Max	X	0.326	0.326	5.5	1.793	1900	38.00	Ok
UG	Ex Max	X	0.000	0.000	5.5	0.000	0	0.00	Ok

Tabel 4. 44 Simpangan Antar Lantai Arah Y Gempa 2012

Story	Load Case/Combo	Direction	δ	δ_{ye}	Cd	Δy	Tinggi Tingkat	Δ_{ijin}	Cek
			mm	mm		mm		mm	
14	Ey Max	Y	68.120	2.023	5.5	11.127	3400	68.00	Ok
13	Ey Max	Y	66.097	3.030	5.5	16.665	3400	68.00	Ok
12	Ey Max	Y	63.067	3.853	5.5	21.192	3400	68.00	Ok
11	Ey Max	Y	59.214	4.348	5.5	23.914	3400	68.00	Ok
10	Ey Max	Y	54.866	4.714	5.5	25.927	3400	68.00	Ok
9	Ey Max	Y	50.152	5.052	5.5	27.786	3400	68.00	Ok
8	Ey Max	Y	45.100	5.559	5.5	30.575	3400	68.00	Ok
7	Ey Max	Y	39.541	5.965	5.5	32.808	3400	68.00	Ok
6	Ey Max	Y	33.576	6.398	5.5	35.189	3400	68.00	Ok
5	Ey Max	Y	27.178	6.379	5.5	35.085	3400	68.00	Ok
4	Ey Max	Y	20.799	6.198	5.5	34.089	3400	68.00	Ok
3	Ey Max	Y	14.601	7.402	5.5	40.711	4500	90.00	Ok
2	Ey Max	Y	7.199	6.775	5.5	37.263	5500	110.00	Ok
1	Ey Max	Y	0.424	0.424	5.5	2.332	1900	38.00	Ok
UG	Ey Max	Y	0.000	0.000	5.5	0.000	0	0.00	Ok



Gambar 4. 13 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah X



Gambar 4. 14 Grafik Simpangan Antar Lantai Arah Y

Berdasarkan grafik diatas simpangan antar lantai pada gedung eksisting masih aman untuk gempa 2012 dan gempa 2019.

4.8 Perbedaan Hasil Analisis Struktur Antara Gempa 2012 dan Gempa 2019

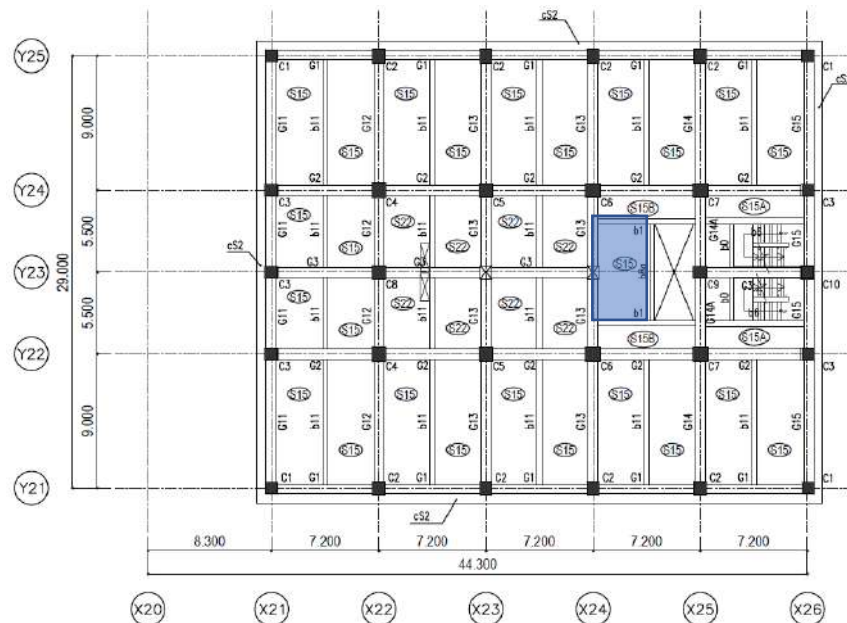
Berikut rekap perbedaan hasil analisis struktur akibat beban gempa yang didasarkan pada SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019.

Tabel 4. 45 Perbedaan SNI 1726-2012 dengan SNI 1726-2019

No	Pembeda	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
1	Jumlah Ragam	Modal 90% Mode ke 41	Modal 100% Mode ke 45
2	Koefisien Respons Seismik	Arah X = 0,032 Arah Y = 0,033	Arah X = 0,039 Arah Y = 0,040
3	Gaya Geser Dasar Dinamis	Arah X = 4634,14 kN Arah Y = 4436,02 kN	Arah X = 5360,24 kN Arah Y = 5126,71 kN
4	Faktor Skala Baru	Arah X = 1,243 Arah Y = 1,334	Arah X = 1,499 Arah Y = 1,609
5	Simpangan Antar Lantai	Arah X = Memenuhi Arah Y = Memenuhi	Arah X = Memenuhi Arah Y = Memenuhi

4.9 Perhitungan Pelat

Analisi penampang pelat meliputi kapasitas lentur arah x dan lentur arah y. Berikut elemen pelat yang ditinjau.



Gambar 4. 15 Pelat yang Ditinjau

Data-data Perencanaan :

Mutu beton (f_c') = 20,75 Mpa

Mutu baja tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa

$$\text{Modulus beton (Ec)} = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{20,75} =$$

$$\text{Modulus baja (Es)} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\epsilon_y = f_y/E_s = 0,002$$

a. Tumpuan

$$\text{Tebal pelat} = 150 \text{ mm}$$

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

$$t_s = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tul lentur x} = \text{Ø}13-200$$

$$\text{As lentur x} = 0,25 \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times \frac{1000}{200} = 663,661 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tul lentur y} = \text{Ø}10-200$$

$$\text{As lentur y} = 0,25 \times \pi \times \text{Ø}^2 \times \frac{b}{s} = 0,25 \times \pi \times 10^2 \times \frac{1000}{200} = 392,699 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} dx &= h - t_s - D/2 \\ &= 150 - 20 - 13/2 \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= h - t_s - D - \text{Ø}/2 \\ &= 150 - 20 - 13 - 10/2 \\ &= 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kapasitas lentur tumpuan x

Tinggi stress balok

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{663,661 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 15,051 \text{ mm}$$

Momen kapasitas nominal

$$\begin{aligned} M_{nx} &= A_s \times f_y \times \left(dx - \frac{a}{2} \right) \\ &= 663,66 \times 400 \times \left(123,5 - \frac{15,051}{2} \right) \\ &= 30787102,53 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$= 30,787 \text{ kNm}$$

$$\emptyset M_{nx} = 0,9 \times 30,787 = 27,708 \text{ kNm}$$

$$M_{ux} P = \emptyset M_{nx} = 27,708 \text{ kNm}$$

Kapasitas lentur tumpuan y

Tinggi stress balok

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{392,699 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 8,906 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= A_s \times f_y \times \left(d_y - \frac{a}{2} \right) \\ &= 392,699 \times 400 \times \left(112 - \frac{8,906}{2} \right) \\ &= 16893443 \text{ Nmm} \\ &= 16,893 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset M_{ny} = 0,9 \times 16,893 = 15,204 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} P = \emptyset M_{ny} = 15,204 \text{ kNm}$$

b. Lapangan

$$\text{Tebal pelat} = 150 \text{ mm}$$

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

$$t_s = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tul lentur } x = \emptyset 13-200$$

$$A_s \text{ lentur } x = 0,25 \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} = 0,25 \times \pi \times 13^2 \times \frac{1000}{200} = 663,661 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tul lentur } y = \emptyset 10-200$$

$$A_s \text{ lentur } y = 0,25 \times \pi \times \emptyset^2 \times \frac{b}{s} = 0,25 \times \pi \times 10^2 \times \frac{1000}{200} = 392,699 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} dx &= h - t_s - D/2 \\ &= 150 - 20 - 13/2 \\ &= 123,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$dy = h - t_s - D - \emptyset/2$$

$$= 150 - 20 - 13 - 10/2$$

$$= 112 \text{ mm}$$

Kapasitas lentur

Tinggi stress balok

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'cx \times b} = \frac{663,661 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 15,051 \text{ mm}$$

Momen kapasitas nominal

$$\begin{aligned} Mnx &= As \times fy \times \left(dx - \frac{a}{2}\right) \\ &= 663,66 \times 400 \times \left(123,5 - \frac{15,051}{2}\right) \\ &= 30787102,53 \text{ Nmm} \\ &= 30,787 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset Mnx = 0,9 \times 30,787 = 27,708 \text{ kNm}$$

$$Mux P = \emptyset Mnx = 27,708 \text{ kNm}$$

Kapasitas lentur tumpuan y

Tinggi stress balok

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'cx \times b} = \frac{392,699 \times 400}{0,85 \times 20,75 \times 1000} = 8,906 \text{ mm}$$

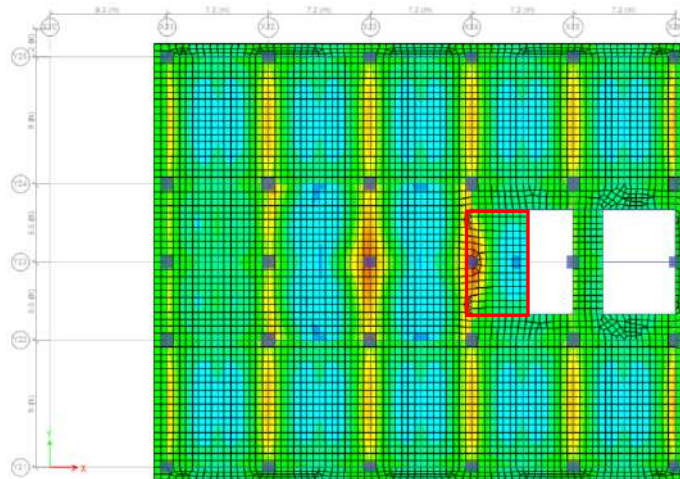
$$\begin{aligned} Mny &= As \times fy \times \left(dy - \frac{a}{2}\right) \\ &= 392,699 \times 400 \times \left(112 - \frac{8,906}{2}\right) \\ &= 16893443 \text{ Nmm} \\ &= 16,893 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\emptyset Mny = 0,9 \times 16,893 = 15,204 \text{ kNm}$$

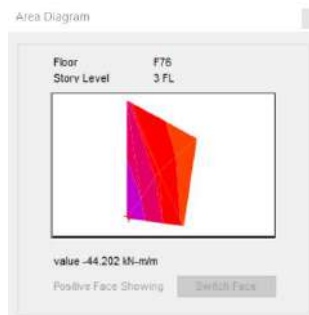
$$Muy P = \emptyset Mny = 15,204 \text{ kNm}$$

Verifikasi Kapasitas Penampang Pelat dengan Beban Pelat yang Terjadi

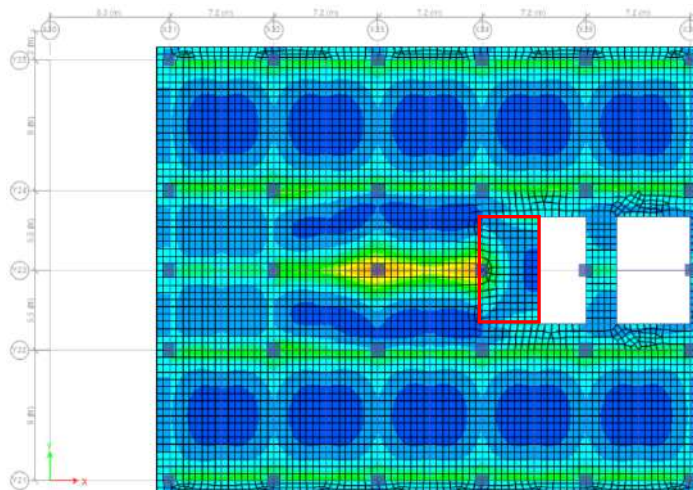
Berikut beban ultimate yang terjadi pada pelat lantai akibat kombinasi pembebanan 1,2DL + 1,6 DL dari program software ETABS.



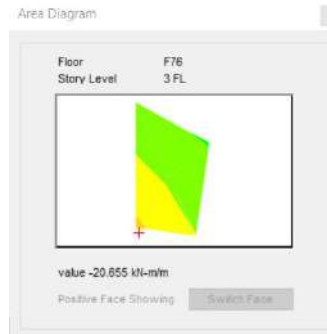
Gambar 4. 16 Momen Kontur Pelat Arah X Akibat 1,2DL + 1,6LL



Gambar 4. 17 Nilai Momen Ultimate Pelat Tumpuan X



Gambar 4. 18 Momen Kontur Pelat Arah Y Akibat 1,2DL + 1,6LL



Gambar 4. 19 Nilai Momen Ultimate Pelat Tumpuan Y

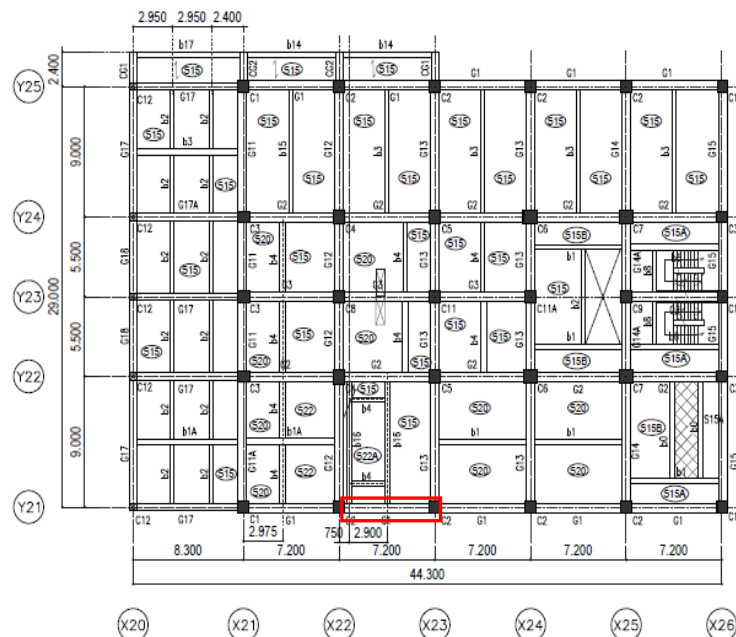
Setelah didapatkan momen ultimate dari program ETABS, kapasitas penampang pelat dibandingkan dengan momen ultimate yang terjadi. Nilai kapasitas penampang dikatakan aman jika lebih besar dari momen ultimate yang terjadi. Berikut hasil verifikasi kapasitas penampang pelat dengan momen ultimate.

Tabel 4. 46 Verifikasi Kapasitas Penampang Pelat

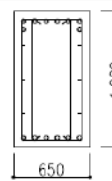
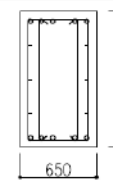
Tipe Pelat	Label	Sistem Pelat		Sumbu	Letak	Kombinasi	Mu P	Mu	Ket
		Ly/Lx	Sistem				(kN.m)	(kN.m)	
S15	F76	1.90	2 arah	x	Tumpuan	1.2DL + 1.6LL	27.708	44.202	TIDAK OK
					Lapangan	1.2DL + 1.6LL	27.708	9.201	OK
				y	Tumpuan	1.2DL + 1.6LL	15.204	20.655	TIDAK OK
					Lapangan	1.2DL + 1.6LL	15.204	6.04	OK

4.10 Perhitungan Balok

Analisis penampang balok meliputi kapasitas lentur, geser dan torsi. Balok G1 lantai 2 (El. +5.50) adalah balok yang akan ditinjau. Berikut data-data perencanaan dari analisis kapasitas penampang balok.



Gambar 4. 20 Balok yang Ditinjau

B × D	650 × 1,200	
POSITION	END	CENTER
SECTION		
TOP BAR	8-D32	5-D32
BOT BAR	6-D32	5-D32
WEB BAR	3x2-D10	
STIRRUP	D13 □ @150	

Gambar 4. 21 Detail Balok G1

Data Perencanaan Balok G1 :

Mutu beton, f_c' = 29,05 MPa

Mutu tulangan lentur, f_y = 400 MPa

Mutu tulangan geser, f_y = 400 MPa

Bentang, L = 7200 mm

Lebar balok, b_w = 650 mm

Tinggi balok, h = 1200 mm

Selimut beton, sb = 40 mm

Diameter tulangan lentur, D_l = 32 mm

Diameter tulangan geser, D_v = 13 mm

Diameter tulangan torsi, \emptyset_t = 10 mm

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (f_c' - 28)}{7} = 0,85 - \frac{0,05 \cdot (29,05 - 28)}{7} = 0,843$$

Luas tulangan

Tumpuan

$$\text{As tarik (8D32)} = 8 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 8 \times 0,25 \times \pi \times 32^2 = 6430,72 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' tekan (6D32)} = 6 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 6 \times 0,25 \times \pi \times 32^2 = 4823,04 \text{ mm}^2$$

Lapangan

$$\text{As tarik (5D32)} = 5 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 5 \times 0,25 \times \pi \times 32^2 = 4019,20 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' tekan (5D32)} = 5 \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 5 \times 0,25 \times \pi \times 32^2 = 4019,20 \text{ mm}^2$$

Cek penampang balok apakah termasuk komponen balok SRPMK

Dimensi penampang untuk komponen balok SRPMK harus dicek sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 dimana:

1. Bentang bersih (l_n) harus minimal $4d$

Ukuran kolom pendukung balok G1 adalah 800×900 mm.

$$\begin{aligned} l_n &= 7200 - 800 \\ &= 6400 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - s_b - D_v - 0,5 D_l \\ &= 1200 - 40 - 13 - 0,5 (32) \\ &= 1131 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4d &= 4 \times 1131 \\ &= 4524 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_n > 4d$$

$$6400 > 4524 \text{ (Memenuhi syarat)}$$

2. Lebar penampang balok, b_w , harus sekurang – kurangnya nilai terkecil dari $0,3h$ dan 250 mm.

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$0,3 h = 0,3 \times 1200 \text{ mm} = 360 \text{ mm}$$

$$B_w > 0,3 h \text{ dan } 250 \text{ mm}$$

$$650 > 360 \text{ dan } 250 \text{ mm (Memenuhi syarat)}$$

3. Lebar balok yang melampaui lebar kolom penumpu tidak boleh melebihi nilai terkecil dari c_2 dan $0,75 c_1$ pada masing-masing sisi kolom.

Kolom kiri

$$\text{Dimensi kolom} = 800 \times 900 \text{ mm}$$

$$c_1 = 900 \text{ mm}$$

$$c_2 = 800 \text{ mm}$$

$$0,75 c_1 = 0,75 \times 900 = 675 \text{ mm}$$

$$B_w < 0,75 C_1$$

$$650 < 675 \text{ (Memenuhi syarat)}$$

Kolom kanan

$$\text{Dimensi kolom} = 800 \times 900 \text{ mm}$$

$$c_1 = 900 \text{ mm}$$

$$c_2 = 800 \text{ mm}$$

$$0,75 c_1 = 0,75 \times 900 = 675 \text{ mm}$$

$$B_w < 0,75 C_1$$

$$650 < 675 \text{ (Memenuhi syarat)}$$

4.10.1 Perhitungan Lentur Tumpuan

Analisis yang digunakan untuk menghitung kapasitas balok dengan menggunakan analisis penampang tulangan rangkap.

$$\text{Regangan tulangan tekan, } \varepsilon_s' = 0,003 \left(\frac{c - d'}{c} \right)$$

$$\text{Tegangan tulangan tekan, } f_s' = E_s \varepsilon_s' = 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right)$$

$$\text{Gaya tulangan tekan, } C_s = A_s'(f_s' - 0,85 f_c') = A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$\text{Gaya tulangan tarik, } T = A_s \times f_y$$

$$\text{Gaya beton, } C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

Menentukan nilai c (garis netral)

$$T = C_s + C_c$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' b a + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' b \beta_1 c + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$0 = 0,85 f_c' b \beta_1 c + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right] - A_s f_y \quad \times C$$

$$0 = (0,85 f_c' b \beta_1) c^2 + 600 A_s' c + 600 A_s' d' - 0,85 A_s' f_c' c - A_s f_y c$$

$$0 = (0,85 f_c' b \beta_1) c^2 + [(600 A_s') - (0,85 A_s' f_c') - A_s f_y] c - 600 A_s' d'$$

Menggunakan rumus abc persamaan kuadrat untuk menyelesaikan persamaan diatas

$$c_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dimana

$$a = 0,85 f_c' b \beta_1 = 0,85 \times 29,05 \times 650 \times 0,843 = 13522,23$$

$$\begin{aligned} b &= (600 A_s') - (0,85 A_s' f_c') - A_s f_y \\ &= (600 \times 4823,04) - (0,85 \times 4823,04 \times 29,05) - 6430,72 \times 400 \\ &= 202443,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c &= 600 A_s' d' \\ &= 600 A_s' (h - d) \\ &= 600 \times 4823,04 \times (1200 - 1131) \\ &= -199673856 \end{aligned}$$

Maka didapat nilai c1 dan c2 sebagai berikut

$$c_1 = -129,23 \text{ mm}$$

$$c_2 = 114,26 \text{ mm}$$

Diambil nilai c = 114,26 mm

$$\text{Sehingga nilai } a = \beta_1 c = 0,843 \times 114,26 = 96,27 \text{ mm}$$

Menghitung Kapasitas Lentur Balok

$$f_s' = 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{114,26-69}{114,26} \right) = 237,67 \text{ MPa (tulangan tekan belum leleh)}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' (f_s' - 0,85 f_c') \\ &= 4823,04 \times (237,67 - 0,85 \times 29,05) \\ &= 1027216,23 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b = 0,85 \times 29,05 \times 96,27 \times 650 = 1545071,77 \text{ N}$$

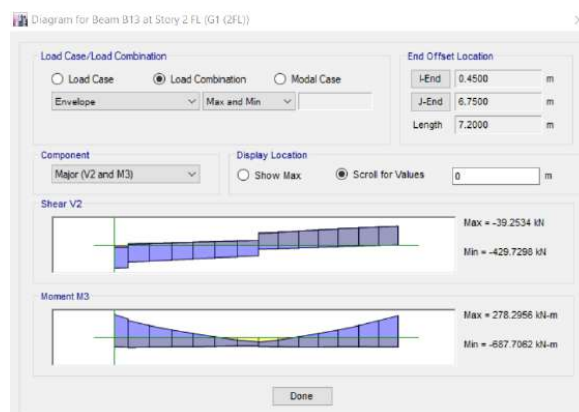
$$\begin{aligned} \emptyset M_n &= \emptyset \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right] \\ &= 0,9 \times \left[1545071,77 \times \left(1131 - \frac{96,27}{2} \right) + 1027216,23 (1131 - 69) \right] \\ &= 2487610196,05 \text{ Nmm} \\ &= 2487,61 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\mu_p = \emptyset M_n = 2487,61 \text{ kNm}$$

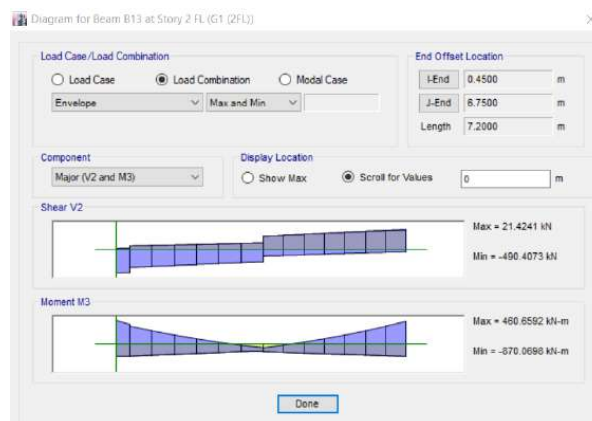
Cek Kapasitas Lentur Tumpuan Balok

$$\mu_{akibat \text{ gempa } 2012} = 687,71 \text{ kNm}$$

$$\mu_{akibat \text{ gempa } 2019} = 870,07 \text{ kNm}$$



Gambar 4. 22 Mu Tumpuan G1 Akibat Gempa 2012



Gambar 4. 23 Mu Tumpuan G1 Akibat Gempa 2019

Akibat Gempa 2012

$$Mu P \geq Mu$$

$$2487,61 \text{ kNm} \geq 687,71 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Akibat Gempa 2019

$$Mu P \geq Mu$$

$$2487,61 \text{ kNm} \geq 870,07 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

4.10.2 Perhitungan Lentur Lapangan

Analisis yang digunakan untuk menghitung kapasitas balok dengan menggunakan analisis penampang tulangan rangkap.

$$\text{Regangan tulangan tekan, } \varepsilon'_s = 0,003 \left(\frac{c-d'}{c} \right)$$

$$\text{Tegangan tulangan tekan, } f_s' = E_s \varepsilon'_s = 600 \left(\frac{c-d'}{c} \right)$$

$$\text{Gaya tulangan tekan, } C_s = A_s' (f_s' - 0,85 f_c') = A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$\text{Gaya tulangan tarik, } T = A_s \times f_y$$

$$\text{Gaya beton, } C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

Menentukan nilai c (garis netral)

$$T = C_s + C_c$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' b a + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$A_s f_y = 0,85 f_c' b \beta_1 c + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right]$$

$$0 = 0,85 f_c' b \beta_1 c + A_s' \left[600 \left(\frac{c-d'}{c} \right) - 0,85 f_c' \right] - A_s f_y$$

$$0 = (0,85 f_c' b \beta_1) c^2 + 600 A_s' c + 600 A_s' d' - 0,85 A_s' f_c' c - A_s f_y c$$

$$0 = (0,85 f_c' b \beta_1) c^2 + [(600 A_s') - (0,85 A_s' f_c') - A_s f_y] c - 600 A_s' d'$$

Menggunakan rumus abc persamaan kuadrat untuk menyelesaikan persamaan diatas

$$c_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dimana

$$a = 0,85 f_c' b \beta_1 = 0,85 \times 29,05 \times 650 \times 0,843 = 13522,23$$

$$\begin{aligned} b &= (600 A_s') - (0,85 A_s' f_c') - A_s f_y \\ &= (600 \times 4019,20) - (0,85 \times 4019,20 \times 29,05) - 4019,20 \times 400 \\ &= 704595,90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
c &= 600 A_s' d' \\
&= 600 A_s' (h - d) \\
&= 600 \times 4019.20 \times (1200 - 1131) \\
&= -166394880
\end{aligned}$$

Maka didapat nilai c_1 dan c_2 sebagai berikut

$$c_1 = -140 \text{ mm}$$

$$c_2 = 87,89 \text{ mm}$$

Diambil nilai $c = 87,89 \text{ mm}$

Sehingga nilai $a = \beta_1 c = 0,843 \times 87,89 = 74,05 \text{ mm}$

Menghitung Kapasitas Lentur Balok

$$f_s' = 600 \left(\frac{c - d'}{c} \right) = 600 \left(\frac{87,89 - 69}{87,89} \right) = 128,98 \text{ MPa (tulangan tekan belum leleh)}$$

$$\begin{aligned}
C_s &= A_s' (f_s' - 0,85 f_c') \\
&= 4019.20 \times (128,98 - 0,85 \times 29,05) \\
&= 419152,28 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b = 0,85 \times 29,05 \times 74,05 \times 650 = 1188527,72 \text{ N}$$

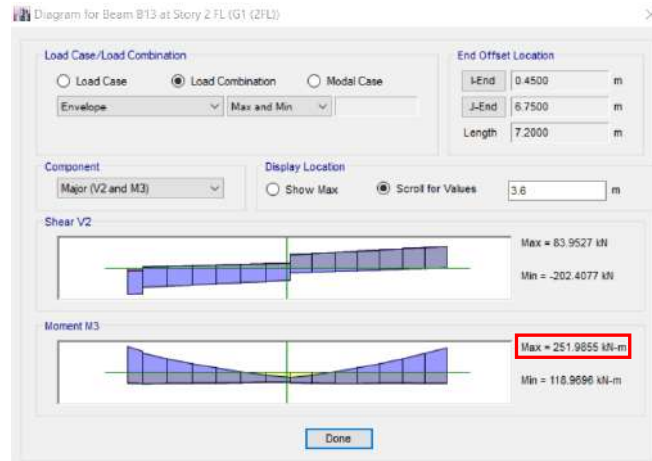
$$\begin{aligned}
\phi M_n &= \phi \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right] \\
&= 0,9 \times \left[1188527,72 \times \left(1131 - \frac{74,05}{2} \right) + 419152,28 (1131 - 69) \right] \\
&= 1570822868,52 \text{ Nmm} \\
&= 1570,82 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\mu P = \phi M_n = 1570,82 \text{ kNm}$$

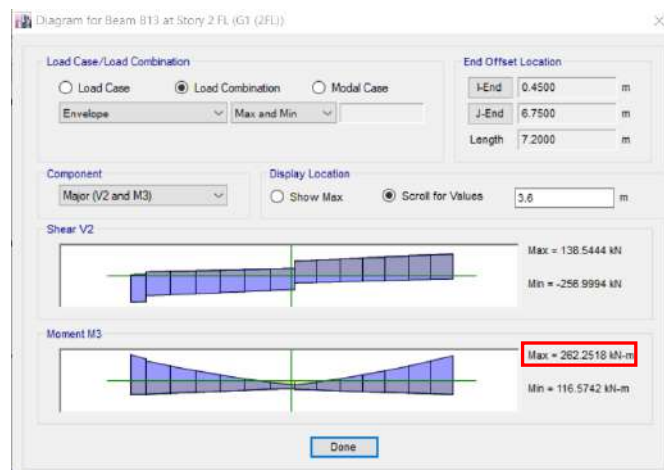
Cek Kapasitas Lentur Lapangan Balok

$$\mu \text{ akibat gempa 2012} = 251,99 \text{ kNm}$$

$$\mu \text{ akibat gempa 2019} = 262,25 \text{ kNm}$$



Gambar 4. 24 Mu Lapangan G1 Akibat Gempa 2012



Gambar 4. 25 Mu Lapangan G1 Akibat Gempa 2019

Akibat Gempa 2012

$$\mu_p \geq \mu_u$$

$$1570,82 \text{ kNm} > 251,99 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

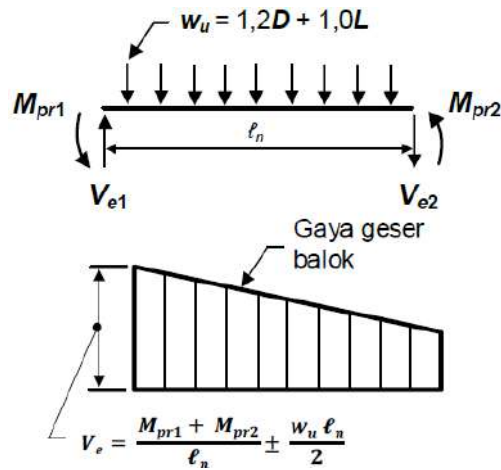
Akibat Gempa 2019

$$\mu_p \geq \mu_u$$

$$1570,82 \text{ kNm} > 262,25 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

4.10.3 Perhitungan Geser Tumpuan

Menurut SNI 2847-2019 pasal 18.6.5.1 gaya geser desain (V_e) harus dihitung dari tinjauan gaya-gaya pada bagian balok di antara kedua muka *joint*. Momen-momen dengan tanda berlawanan yang terkait dengan kekuatan momen lentur maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}), harus diamsusikan bekerja muka-muka *joint* dan balok dibebani dengan beban gravitasi tributary terfaktor di sepanjang bentangnya. Kekuatan geser perlu ditentukan menggunakan tegangan tidak kurang dari 1,25 F_y tulangan longitudinal.



Gambar 4. 26 Gaya Geser Desain, V_e

Perhitungan Nilai Mpr

Momen probabilitas (-)

$$\text{As tulangan atas} = 8D32 = 6430,72 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d &= h - s_b - D_v - 0,5 D_1 \\ &= 1200 - 40 - 13 - 0,5 (32) \\ &= 1131 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{6430,72 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 650} = 200,33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= As \times f_{yl} \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 6430,72 \times 400 \times \left(1131 - \frac{200,33}{2} \right) \\ &= 3314501773,33 \text{ Nmm} \\ &= 3314,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen probabilitas (+)

$$\text{As tulangan bawah} = 6D32 = 4823,04 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times 1,25fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{4823,04 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 650} = 150,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= As \times f_{yl} \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 4823,04 \times 400 \times \left(1131 - \frac{150,25}{2} \right) \\ &= 2546264527,50 \text{ Nmm} \\ &= 2546,26 \text{ kN} \end{aligned}$$

Mencari Nilai V_e

$$V_g = 254,62 \text{ kN} (1,2DL + 1,0LL)$$



Gambar 4. 27 V_g Tumpuan G1 Akibat 1,2DL + 1,0LL

Gaya geser akibat goyangan

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr^-} \times M_{pr^+}}{Ln} = \frac{3314,50 \times 2546,26}{6,4} = 915,74 \text{ kN}$$

Gaya geser desain

$$V_{e1} = V_{\text{sway}} + V_g = 915,74 + 254,62 = 1170,36 \text{ kN}$$

$$V_{e2} = V_{\text{sway}} - V_g = 915,74 - 254,61 = 661,13 \text{ kN}$$

Maka diambil nilai $V_e = 1170,35 \text{ kN}$

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.6.5.2 $V_c=0$ bila:

a) $V_{\text{sway}} < 0,5V_e$

$$915,74 \text{ kN} < 0,5 \times 1170,36 \text{ kN}$$

$$915,74 \text{ kN} < 585,18 \text{ kN} \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

b) $P_u < A_g \times f'_c / 20$

$$0,57 \text{ kN} < ((650 \times 1200) \times 29,05 / 20) \times 10^{-3}$$

$$0,57 \text{ kN} < 1132,95 \text{ kN} \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Dua Syarat terpenuhi, maka $V_c = 0$

Kapasitas Geser Nominal

Tulangan sengkang terpasang 4D13-150

$$\begin{aligned} A_v &= n \times 0,25 \times \pi \times D_v^2 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{530,66 \times 400 \times 1131}{150} = 1600470,56 \text{ N} = 1600,47 \text{ kN}$$

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

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{29,05} \times 650 \times 1131$$

$$= 673593,60 \text{ N}$$

$$= 673,59 \text{ kN}$$

Kapasitas geser balok

$$\phi V_n = \phi (V_s + V_c)$$

$$= 0,75 (1600,47 + 0)$$

$$= 1200,35 \text{ Kn}$$

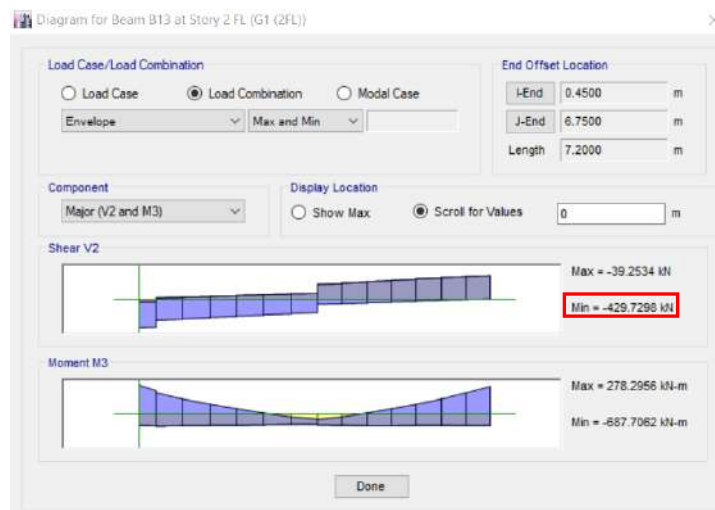
$$V_u P = \phi V_n = 1200,35 \text{ Kn}$$

Cek Kapasitas Geser Tumpuan

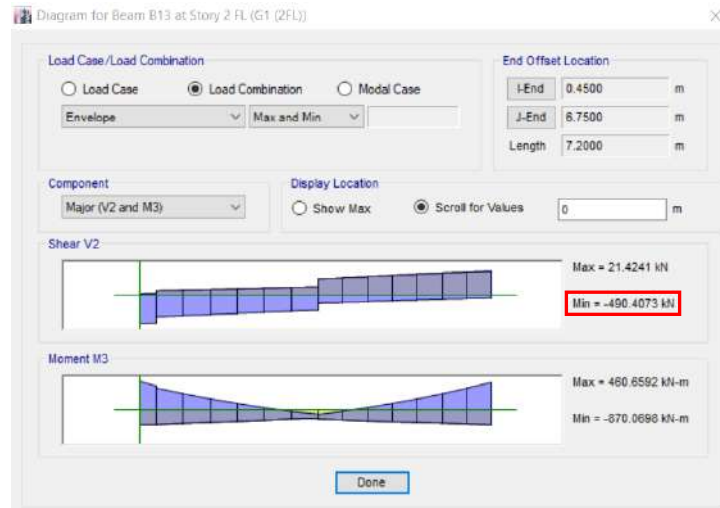
$$V_u \text{ akibat gempa 2012} = 429,73 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ akibat gempa 2019} = 490,41 \text{ kN}$$

$$V_e = 1170,36 \text{ kN}$$



Gambar 4. 28 V_u Tumpuan Akibat Gempa 2012



Gambar 4. 29 V_u Tumpuan Akibat Gempa 2019

Akibat Gempa 2012

$$V_u P \geq V_u$$

$$1200,35 \text{ kNm} \geq 429,73 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Akibat Gempa 2019

$$V_u P \geq V_u$$

$$1200,35 \text{ kNm} \geq 490,41 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Akibat V_e

$$V_u P \geq V_e$$

$$1200,35 \text{ kNm} \geq 1170,36 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

4.10.4 Perhitungan Geser Lapangan

Tulangan sengkang terpasang 4D13-150

$$\begin{aligned} A_v &= n \times 0,25 \times \pi \times D_v^2 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{530,66 \times 400 \times 1131}{150} = 1600470,56 \text{ N} = 1600,47 \text{ kN}$$

Kapasitas geser balok

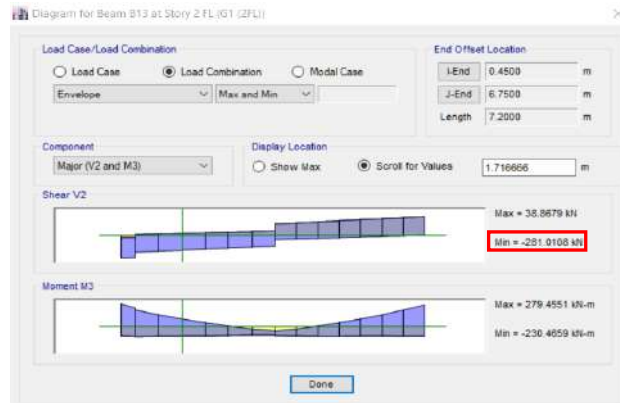
$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi (V_s + V_c) \\ &= 0,75 (1600,47 + 0) \\ &= 1200,35 \text{ Kn} \end{aligned}$$

$$V_u P = \phi V_n = 1200,35 \text{ Kn}$$

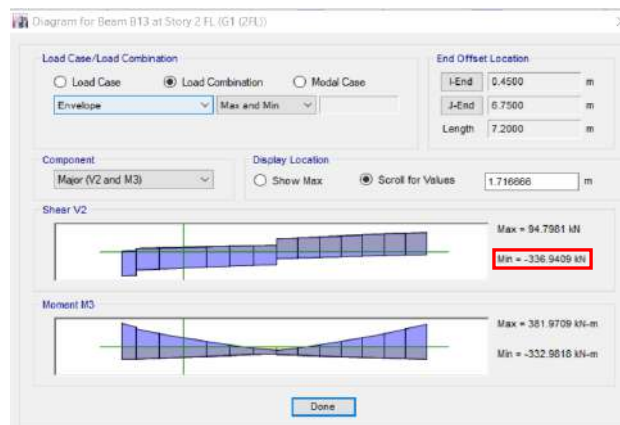
Cek Kapasitas Geser Lapangan

V_u akibat gempa 2012 = 281,01 kN

V_u akibat gempa 2019 = 336,94 kN



Gambar 4. 30 V_u Lapangan Akibat Gempa 2012



Gambar 4. 31 V_u Lapangan Akibat Gempa 2019

$$V_u P \geq V_u$$

1200,35 kNm \geq 281,01 kNm ...**Ok! Memenuhi Syarat**

Akibat Gempa 2019

$$V_u P \geq V_u$$

1200,35 kNm \geq 336,94 kNm ...**Ok! Memenuhi Syarat**

4.10.5 Perhitungan Torsi

Dari hasil output ETABS didapatkan torsi ultimate :

T_u akibat gempa 2012 = 355,95 kNm

T_u akibat gempa 20129 = 417,49 kNm

Parameter torsi :

$$A_{cp} = b \times h = 650 \times 1200 = 780000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (650 + 1200) = 3700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} X_o &= b - 2 (s_b + 0,5D_v) \\ &= 650 - 2 \times (40 + 0,5 \times 32) \\ &= 557 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_o &= h - 2 (s_b + 0,5D_v) \\ &= 1200 - 2 \times (40 + 0,5 \times 32) \\ &= 1107 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$A_{oh} = X_o \times Y_o = 557 \times 1107 = 616599 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 \times (X_o + Y_o) = 2 \times (557 + 1107) = 3328 \text{ mm}$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 524109,15 \text{ mm}^2$$

Kontrol Pengaruh Torsi

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.1.1 torsi yang terjadi tidak dapat diabaikan apabila $T_u \geq \phi T_{th}$

$$\begin{aligned} \phi T_{th} &= \phi \times 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{29,05} \left(\frac{780000^2}{3700} \right) \\ &= 73559478,57 \text{ Nmm} \\ &= 73,56 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Cek control pengaruh torsi

Akibat gempa 2012

$$T_u \geq \phi T_{th}$$

$$355,95 \text{ kNm} > 73,56 \text{ kNm} \text{ (torsi tidak dapat diabaikan)}$$

Akibat gempa 2019

$$T_u \geq \phi T_{th}$$

$$417,49 \text{ kNm} > 73,56 \text{ kNm} \text{ (torsi tidak dapat diabaikan)}$$

Kontrol Kecukupan Penampang

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.7.1 untuk penampang solid, dimensi penampang harus memenuhi persamaan berikut:

Akibat gempa 2019

$$V_u = 490,41 \text{ kN}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66\sqrt{f'_c}\right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{490,41}{0,65 \times 1,131}\right)^2 + \left(\frac{417,49 \times 3,328}{1,7 \times 616,599^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{673,59}{0,65 \times 1,131} + 0,66\sqrt{29,05}\right)$$

1,61 < 3,36 ...Maka ukuran penampang dinyatakan sudah cukup

Kontrol Nominal Torsi oleh Tulangan Lentur

Kapasitan tulangan lentur menahan torsi diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 22.7.6.1

$$\text{As tulangan lentur (8D32 + 6D32)} = 6430,72 + 4823,04 = 11253,76 \text{ mm}^2$$

$$\text{As tulangan torsi (6}\varnothing\text{10)} = 6 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 471 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_l = 11724,76 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{2 A_o A_l f_y}{P_h} \cot\theta \\ &= \frac{2 \times 524109,15 \times 11724,76 \times 400}{3328} \cot 45 \\ &= 1477176441,72 \text{ Nmm} \\ &= 1477,18 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$T_u P = \varnothing T_n = 0,75 \times 1477,18 \text{ kNm} = 1107 \text{ kNm}$$

Cek tulangan lentur menahan torsi

Akibat gempa 2012

$$T_u P \geq T_u$$

$$1107 \text{ kNm} > 355,95 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Akibat gempa 2019

$$T_u P \geq T_u$$

$$1107 \text{ kNm} > 417,49 \text{ kNm} \dots \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

Kontrol Nominal Torsi oleh Tulangan Geser

Kapasitan tulangan geser menahan torsi diatur dalam SNI 2847-2019 pasal 22.7.6.1

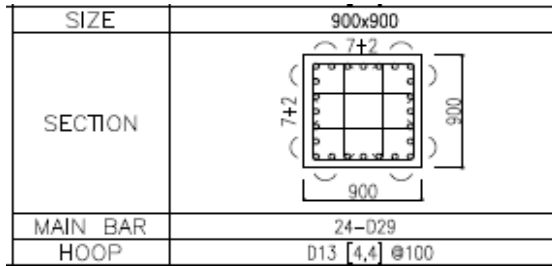
Tulangan geser terpasang 4D13-150

$$\begin{aligned} A_t = A_v &= n \times 0,25 \times \pi \times D_v^2 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$T_n = \frac{2 A_o A_t f_{yt}}{s} \cot\theta$$

Data Perencanaan Kolom C8:

- Mutu beton, f_c' = 29,05 MPa
- Mutu tulangan lentur, f_y = 400 MPa
- Mutu tulangan geser, f_yv = 400 MPa
- Tinggi kolom, L = 4500 mm
- Lebar kolom, b = 900 mm
- Panjang kolom, h = 900 mm
- Selimut beton, s_b = 40 mm
- Diameter tulangan lentur, D_l = 29 mm
- Diameter tulangan geser, D_v = 13 mm



Gambar 4. 33 Detail Penampang Kolom

Gaya-gaya dalam pada kolom diambil dari hasil output ETABS, maka didapatkan hasil output sebagai berikut.

Gempa 2012

Tabel 4. 47 Gaya Dalam Kolom Akibat Gempa 2012

Kombinasi Beban	Aksial	M2	M3	Ket
	kN	kNm	kNm	
(1,2+0,2SDS)DL + LL - 1 QEX + 0.3 QEY Min	7407.834	206.869	573.541	Pmaks
(0.9-0,2SDS)DL + 1 QEX +0.3 QEY Max	4051.508	68.764	192.215	Pmin
(1,2+0,2SDS)DL + LL + 0,3 QEX + 1 QEY Max	6883.621	672.998	200.641	M2maks
1,2DL + 1.6LL	6944.115	1.458	22.309	M2min
(1,2+0,2SDS)DL + LL + 1 QEX + 0.3 QEY Max	6663.926	209.329	614.196	M3maks
0.9DL + Wx Max	4188.888	7.830	0.496	M3min

Gempa 2019

Tabel 4. 48 Gaya Dalam Kolom Akibat Gempa 2019

Kombinasi Beban	Aksial	M2	M3	Ket
	kN	kNm	kNm	
(1,2+0,2SDS)DL + LL - 1 QEX + 0.3 QEY Min	7565.325	292.609	819.681	Pmaks
(0.9-0,2SDS)DL + 1 QEX +0.3 QEY Max	3894.017	98.486	269.659	Pmin
(1,2+0,2SDS)DL + LL + 0,3 QEX + 1 QEY Max	6819.168	949.939	275.272	M2maks
1,2DL + 1.6LL	6944.115	1.458	22.309	M2min
(1,2+0,2SDS)DL + LL + 1 QEX + 0.3 QEY Max	6506.435	295.068	860.336	M3maks
0.9DL + Wx Max	4188.888	7.830	0.496	M3min

Cek penampang kolom apakah termasuk komponen kolom SRPMK

Dimensi penampang untuk komponen balok SRPMK harus dicek sesuai dengan SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 dimana:

1. Nilai P_u harus lebih bebsar dari $A_g f_c'/10$

$$P_u = 7407,83 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} A_g f_c'/10 &= (900 \times 900) \times 29,05 / 10 \\ &= 2353050 \text{ N} \\ &= 2353,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u > A_g f_c'/10$$

7407,83 kN > 2353,05 kN ...**Memenuhi Syarat**

2. Dimensi Penampang kolom terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm

$$\text{Dimensi terpendek} = 900 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \dots\text{Memenuhi Syarat}$$

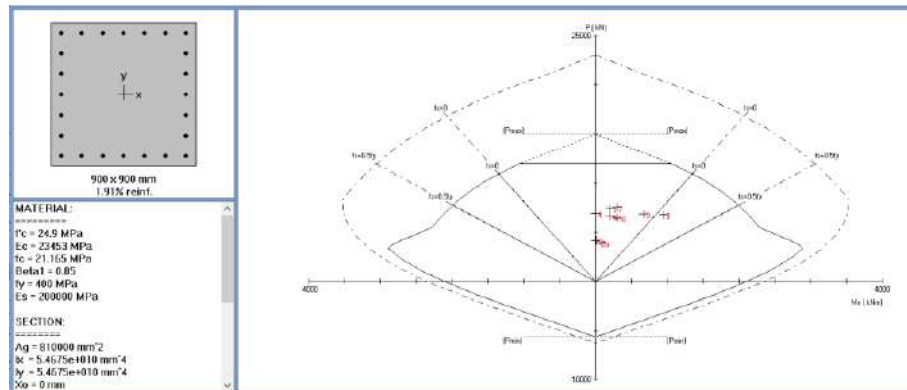
3. Rasio dimesi penampang terpendek terhadap penampang tegak lurus nya tidak boleh kurang dari 0,4

$$\text{Dimensi terpendek} = 900 \text{ mm}$$

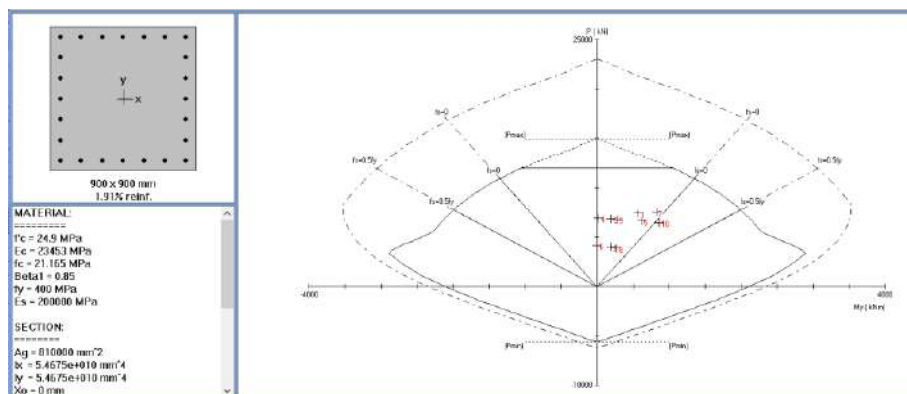
$$\text{Rasio} = 900 \text{ mm} / 900 \text{ mm} = 1 > 0,4 \dots\text{Memenuhi Syarat}$$

4.11.1 Evaluasi Tulangan Longitudinal

Perhitungan tulangan longitudinal kolom menggunakan program bantu SP-Column dengan cara memasukan gaya aksial dan momen dari software ETABS. Didapatkan tulangan longitudinal **26D29** atau **1,91%**



Gambar 4. 34 Diagram Interaksi Kolom Arah X



Gambar 4. 35 Diagram Interaksi Kolom Arah Y

Kontrol rasio penampang

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.4.1 luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01Ag dan tidak lebih dari 0,06 Ag

$A_{st}/A_g \text{ min} < A_{st}/A_g < A_{st}/A_g \text{ maks}$

$1\% < 1,91\% < 6\% \dots \text{Memenuhi Syarat}$

4.11.2 Kontrol Strong Column Weak Beam

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.3.2 kekuatan lentur kolom harus memenuhi

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

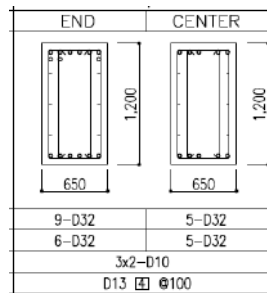
Dimana:

$\sum M_{nc}$ = Momen kapasitas kolom

$\sum M_{nb}$ = Momen kapasitas balok

Kontrol Strong Column Weak Beam Arah X

Kolom C8 yang ditinjau pada arah x diapit dengan 2 balok G3 650x1200



Gambar 4. 36 Detail Balok G3 Lantai 2

Nilai M_{nb} diambil dari perhitungan kapasitas lentur balok, maka didapat nilai M_{nb} sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 M_{nb}^- &= 2710,83 \text{ kNm} \\
 M_{nb}^+ &= 1859,40 \text{ kNm} \\
 1,2 \sum M_{nb} &= 1,2 \times (2710,83 + 1859,40) \\
 &= 5484,276 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Nilai M_{nc} diambil dari program SpColumn dengan mencari momen terendah yang dihasilkan dari kombinasi beban terfaktor.

Tabel 4. 49 Output Kolom C8 Lantai 2 Arah X

No	Pu	Mux	ϕM_{nx}	$\phi M_n / \mu_u$
	kN	kNm	kNm	
1	7407.83	206.87	2043.54	9.878
2	4051.51	68.76	2748.52	39.970
3	6883.62	673.00	2117.14	3.146
4	6944.12	1.46	2109.03	999.999
5	6663.93	209.33	2145.26	10.248
6	4188.89	7.83	2710.13	346.144
7	7565.32	292.61	2020.33	6.905
8	3894.02	98.49	2790.94	28.338
9	6819.17	949.94	2125.47	2.237
10	6506.43	295.07	2164.95	7.337

Tabel 4. 50 Output Kolom C8 Lantai 1 Arah X

No	Pu	Mux	ϕM_{nx}	$\phi M_n / \mu_u$
	kN	kNm	kNm	
1	8207.74	179.93	1919.83	10.670
2	4613.55	4.41	2573.27	583.522
3	7725.45	729.15	1996.18	2.738
4	7134.16	0.23	2082.67	999.999
5	7515.26	259.70	2027.76	7.808
6	7198.24	0.84	2073.64	999.999
7	8354.33	267.91	1895.45	7.075
8	4482.57	105.73	2614.32	24.726
9	7668.21	1005.30	2004.87	1.994
10	7368.66	347.68	2049.23	5.894

$$M_{nc} \text{ atas} = 2020,33 / 0,65 = 2916,08 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} \text{ bawah} = 1895,45 / 0,65 = 3108,20 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} = (2916,08 + 3108,20)$$

$$= 6024,28 \text{ kNm}$$

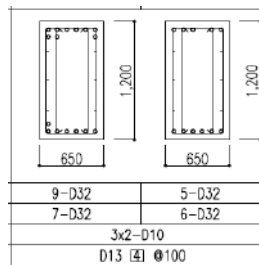
Kontrol SCWB

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$6024,28 \text{ kNm} > 5484,276 \text{ kNm} \dots \text{Memenuhi Syarat}$$

Kontrol Strong Column Weak Beam Arah Y

Kolom C8 yang ditinjau pada arah x diapit dengan 2 balok G12 650x1200



Gambar 4. 37 Detail Balok G12 Lantai 2

Nilai M_{nb} diambil dari perhitungan kapasitas lentur balok, maka didapat nilai M_{nb} sebagai berikut.

$$M_{nb}^- = 2710,83 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}^+ = 2149,01 \text{ kNm}$$

$$1,2 \sum M_{nb} = 1,2 \times (2710,83 + 2149,01)$$

$$= 5831,81 \text{ kNm}$$

Nilai M_{nc} diambil dari program SpColumn dengan mencari momen terendah yang dihasilkan dari kombinasi beban terfaktor.

Tabel 4. 51 Output Kolom C8 Lantai 2 Arah Y

No	P_u	M_{uy}	ϕM_{ny}	$\phi M_n / M_u$
	kN	kNm	kNm	
1	7407.83	573.54	2043.54	3.563
2	4051.51	192.21	2748.52	14.299
3	6883.62	200.64	2117.14	10.552
4	6944.12	22.31	2109.03	94.537
5	6663.93	614.20	2145.26	3.493
6	4188.89	0.50	2710.13	999.999
7	7565.32	819.68	2020.33	2.465
8	3894.02	269.66	2790.94	10.350
9	6819.17	275.27	2125.47	7.721
10	6506.43	860.34	2164.95	2.516

Tabel 4. 52 Output Kolom C8 Lantai 1 Arah Y

No	Pu	Muy	ϕM_{ny}	$\phi M_n/\mu$
	kN	kNm	kNm	
1	8207.74	644.64	1919.83	2.978
2	4613.55	10.08	2573.27	255.209
3	7725.45	218.75	1996.18	9.125
4	7134.16	16.09	2082.67	129.457
5	7515.26	679.04	2027.76	2.986
6	7198.24	0.41	2073.64	999.999
7	8354.33	912.60	1895.45	2.077
8	4482.57	281.67	2614.32	9.281
9	7668.21	300.07	2004.87	6.681
10	7368.66	946.99	2049.23	2.164

$$M_{nc} \text{ atas} = 2020,33 / 0,65 = 2916,08 \text{ kNm}$$

$$M_{nc} \text{ bawah} = 1895,45 / 0,65 = 3108,20 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &= (2916,08 + 3108,20) \\ &= 6024,28 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kontrol SCWB

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$6024,28 \text{ kNm} > 5831,81 \text{ kNm} \dots \text{Memenuhi Syarat}$$

4.11.3 Perhitungan Tulangan Confinement

Desain tulangan confinement mengacu kepada SNI 2847-2019 pasal 18.7.5.3 - 18.7.5.4 .

Spasi maksimum sengkang

Spasi tulangan transversal sepanjang lo tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari 1, 2, dan 3 sebagai berikut.

1) $\frac{1}{4}$ dimensi penampang kolom terkecil

$$S_o = \frac{1}{4} b = \frac{1}{4} \times 900 = 225 \text{ mm}$$

2) 6 kali diameter tulangan longitudinal

$$S_o = 6 \times D_1 = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$$

3) $S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$, dengan S_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang 100 mm

$$S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 225}{3} = 141,667 \text{ mm}$$

$$\text{Dimana : } h_c = d = b - s_b - D_v - D_1/2 = 900 - 40 - 13 - 29/2 = 832,5 \text{ mm}$$

$$h_x = \frac{1}{3} h_c = \frac{1}{3} \times 832,5 = 277,5 \text{ mm}$$

Maka diambil **$S_o = 100 \text{ mm}$**

Luas tulangan confinement

Lebar penampang inti beton

$$b_c = b_w - 2 \times (s_b + D_v/2) = 900 - 2 \times (40 + 29/2) = 791 \text{ mm}$$

Luas penampang inti beton

$$A_{ch} = (b_w - 2s_b) \times (h - 2s_b) = (900 - 2 \times 40) \times (900 - 2 \times 40) = 672400 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan confinement

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s_b f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$
$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_b f'_c}{f_{yt}}$$

$$A_{sh1} = 0,3 \times \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yv}} \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$
$$= 0,3 \times \frac{100 \times 791 \times 29,05}{400} \times \left(\frac{810000}{672400} - 1 \right)$$
$$= 105,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = 0,09 \times \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yv}} = 0,09 \times \frac{100 \times 791 \times 29,05}{400} = 517,02 \text{ mm}^2$$

Maka $A_{sh} \text{ maks} = 517,02 \text{ mm}^2$

Cek tulangan confinement

Tulangan sengkang terpasang 4D13-100

$$A_s \text{ pasang} = n \times 0,25 \times \pi \times D_v^2$$
$$= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2$$
$$= 531,143 \text{ mm}^2$$

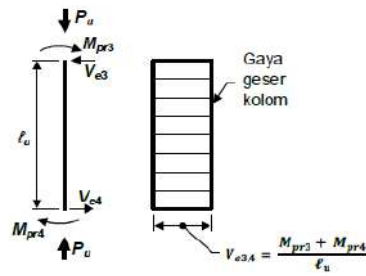
$A_s \text{ pasang} > A_{sh} \text{ maks}$

$531,14 \text{ mm}^2 > 517,02 \text{ mm}^2 \text{Ok! Memenuhi Syarat}$

4.11.4 Kontrol Geser Kolom

$$V_u = 314,38 \text{ kN (envelope)}$$

Gaya geser kolom dihitung sesuai SNI 2847-2019 Gambar R18.6.5



Gambar 4. 38 Geser Desain Kolom SRPMK

Gaya geser pada kolom dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$V_e = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{L_n}$$

Nilai Mpr didapat dari dari diagram interaksi kolom yang menghasilkan nilai momen terfaktor terbesar dengan menggunakan $f_s = 1,25 f_y$

Tabel 4. 53 Nilai Mpr Kolom, $f_s = 1,25 f_y$

No	Pu kN	Mux kNm	ϕM_{nx} kNm
1	7407.83	206.87	2200.07
2	4051.51	68.76	2881.92
3	6883.62	673.00	2267.05
4	6944.12	1.46	2260.26
5	6663.93	209.33	2294.99
6	4188.89	7.83	2814.36
7	7565.32	292.61	2178.76
8	3894.02	98.49	2962.53
9	6819.17	949.94	2275.89
10	6506.43	295.07	2314.05

$$M_{pr \text{ atas}} = 2962,53 \text{ kNm}$$

$$M_{pr \text{ bawah}} = 2962,53 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{M_{pr_{atas}} + M_{pr_{bawah}}}{L_u} = \frac{2962,53 + 2962,53}{3,6} = 1645,85 \text{ kN}$$

Kontrol apakah beton perlu memikul gaya geser

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.7.6.2.1 $V_c = 0$ apabila :

a) Gaya geser akibat gempa setidaknya setengah kekuatan geser perlu maksimum.

$$V_e > 0,5 V_u$$

$$1645,85 \text{ kN} > 0,5 \times 314,38 \text{ kN}$$

$$1645,85 \text{ kN} > 157,19 \text{ kN} \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $\frac{AgFc'}{20}$

$$\frac{AgFc'}{20} = \frac{900 \times 900}{20} \times 10^{-3} = 1176,53 \text{ kN}$$

$$P_u < \frac{AgFc'}{20}$$

$$4051,51 \text{ kN} > 1176,53 \text{ kN} \text{Not Ok!}$$

Maka beton perlu memikul gaya geser

$$\begin{aligned} d &= h - s_b - D_v - 0,5 D_1 \\ &= 900 - 40 - 13 - 0,5 (29) \\ &= 832,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\ &= 0,17 \times 1 \times \sqrt{29,05} \times 900 \times 832,5 \\ &= 686512,96 \text{ N} \\ &= 686,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan sengkang terpasang 4D13 – 100 mm. Maka,

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times 0,25 \times \pi \times D_v^2 \\ &= 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \\ &= 531,143 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{531,14 \times 400 \times 832,5}{100} \\ &= 1768705,71 \text{ N} \\ &= 1768,71 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kapasitas geser nominal

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times (V_s + V_c) \\ &= 0,75 \times (1768,71 + 686,51) \\ &= 1841,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_u P = \phi V_n = 1841,41 \text{ kN}$$

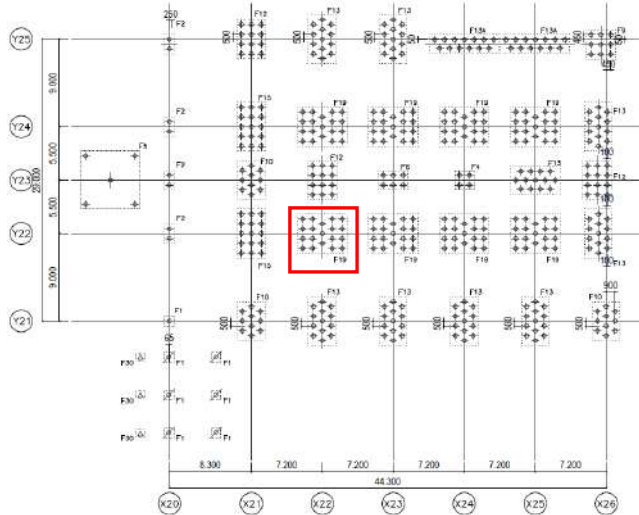
Kontrol

$$V_u P > V_e$$

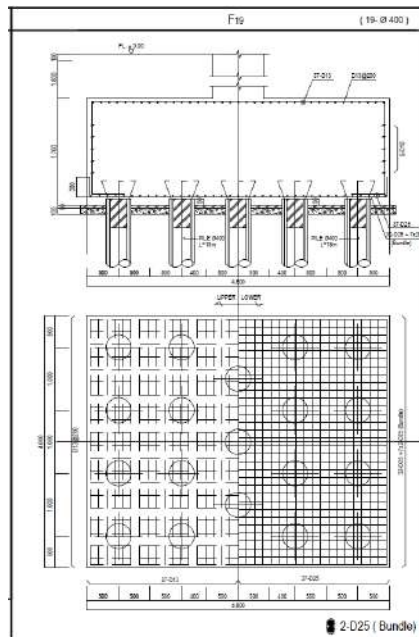
$$1841,41 \text{ kN} > 1645,85 \text{ kN} \text{Ok! Memenuhi Syarat}$$

4.12 Perhitungan Pondasi

Analisis pondasi meliputi perhitungan daya dukung tiang tunggal, daya dukung tiang berdasarkan distribusi grup tiang dan daya dukung tiang berdasarkan efisiensi. Pondasi F19 joint 24 adalah pondasi yang akan ditinjau. Berikut data-data perencanaan dari analisis kapasitas penampang kolom.



Gambar 4. 39 Pondasi yang Ditinjau



Gambar 4. 40 Detail Pondasi yang Ditinjau

- Jenis pondasi = Tiang pancang beton
- Merek = Wika beton
- Pijin tiang = 121,1 Ton
- Diameter = 0,4 m
- Luas Penampang, $A_p = 0,0766 \text{ m}^2$

Keliling, O = 1,256 m
 Tebal = 0,06 m
 Berat = 1,91 kN/m
 Kedalaman tiang, L = 18 m
 N_{spt} = 35

4.12.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Daya dukung tanah dihitung berdasarkan hasil uji N-SPT yang telah dilakukan. Daya dukung tiang dihitung dengan menggunakan persamaan *Mayerhoff* (1956). Berikut tahapan menghitung daya dukung tiang menurut *Mayerhoff*

Menghitung Nilai SPT Rata-Rata, N_i

Tabel 4. 54 Nilai Hasil Uji N-SPT

No	Jenis tanah	Kedalaman	Nspt
1	Lempung	0.00	0
2	Lempung	1.00	6
3	Lempung	2.00	7
4	Lempung	3.00	14
5	Lempung	4.00	20
6	Lempung	5.00	15
7	Lempung	6.00	13
8	Lempung	7.00	14
9	Lempung	8.00	14
10	Lempung	9.00	14
11	Lempung	10.00	14
12	Lempung	11.00	14
13	Lempung	12.00	16
14	Lempung	13.00	19
15	Lempung	14.00	15
16	Lempung	15.00	16
17	Lempung	16.00	18
18	Lempung	17.00	50
19	Lantau	18.00	35

$$N_1 = \frac{0+6+7+14+20+15+13+(4 \times 14)+16+19+15+16+18+50}{18} = 15,50 \text{ (Lempung)}$$

$$N_2 = 35 / 1 = 35 \text{ (Lantau)}$$

Menghitung Gesekan Pada Selimut Tiang, $f_i = 2 \times N_i$

$$f_1 = 2 \times N_1 = 2 \times 15,50 = 31$$

$$f_2 = 2 \times N_2 = 2 \times 35 = 70$$

Menghitung total gesekan pada selimut tiang, $f_{\text{total}} = \sum f_i L_i$

$$f_1 \times L_1 = 31 \times 17 = 527 \text{ kN/m}$$

$$f_1 \times L_1 = 70 \times 1 = 70 \text{ kN/m}$$

$$f_{\text{total}} = 527 + 70 = 597 \text{ kN/m}$$

Menghitung kapasitas dukung tanah pada ujung tiang, $q = 40 \text{ Nspt (L/D)} < 400 \text{ Nspt}$

$$q = 40 \text{ Nspt (L/D)} = 40 \times 35 \times (18 / 0,4) = 63000 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 400 \text{ Nspt} = 400 \times 35 = 14000 \text{ kN/m}^2$$

Maka $q = 14000 \text{ kN/m}^2$ (nilai terkecil)

Menghitung daya dukung friksi/selimut, $Q_s = O \times f_{\text{total}}$

$$\begin{aligned} Q_s &= O \times f_{\text{total}} \\ &= 1,256 \text{ m} \times 597 \text{ kN/m} \\ &= 749,83 \text{ kN} \\ &= 74,98 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung ujung, $Q_e = q \times A_p$

$$\begin{aligned} Q_e &= q \times A_p \\ &= 14000 \text{ kN/m}^2 \times 0,0766 \text{ m}^2 \\ &= 1072,40 \text{ kN} \\ &= 107,24 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Menghitung daya dukung ultimate, $Q_u = Q_s + Q_e$

$$Q_u = Q_s + Q_e = 74,98 \text{ Ton} + 107,24 \text{ Ton} = 182,22 \text{ Ton}$$

Menghitung daya dukung tiang, $DDT = Q_u / SF$

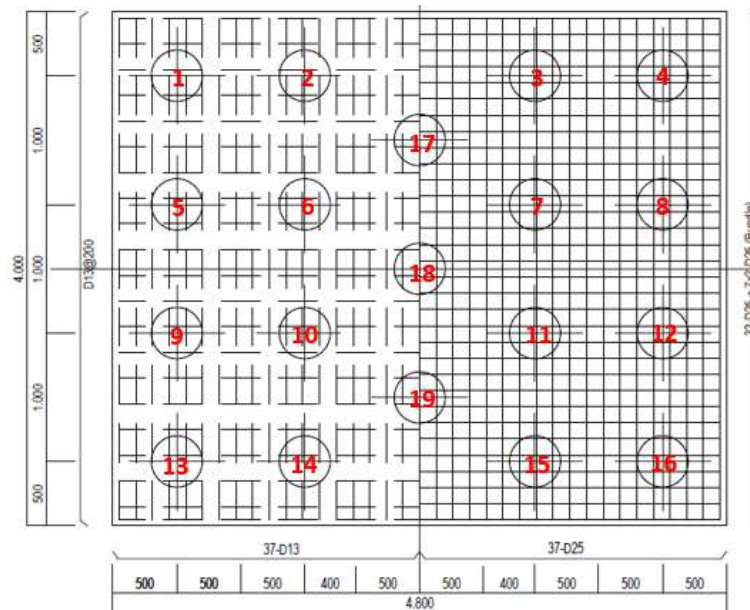
$$DDT = Q_u / SF = 182,22 \text{ Ton} / 2,5 = 72,89 \text{ Ton}$$

$$DDT \leq P_{\text{ijin}} \text{ bahan}$$

$$72,89 \text{ Ton} < 121,1 \text{ Ton} \dots \text{Memenuhi Syarat}$$

4.12.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Distribusi Grup Tiang

Tiang pancang yang berada dalam satu pile cap akan menerima beban yang bekerja dalam pondasi grup tiang. Berikut perhitung distribusi grup tiang dengan kombinasi $1DL + 1LL + 1Eq_x + 0,3 Eq_y$



Gambar 4. 41 Konfigurasi Tiang pada Pile Cap

Tabel 4. 55 Perhitungan Distribusi Grup Tiang

Joint 24						
Fz =		912.93	Ton	$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{Mx \cdot Y}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X}{\Sigma X^2}$ $P_{min} = \frac{P}{n} - \frac{Mx \cdot Y}{\Sigma Y^2} - \frac{My \cdot X}{\Sigma X^2}$		
Mx =		19.15	Ton.m			
My =		36.42	Ton.m			
Jumlah tiang pancang =				19	buah	
No tiang	x (m)	y (m)	x ² (m ²)	y ² (m ²)	Pmaks (Ton)	Pmin (Ton)
1	-1.9	1.5	3.61	2.25	51.31	44.79
2	-0.9	1.5	0.81	2.25	50.28	45.82
3	0.9	1.5	0.81	2.25	50.28	45.82
4	1.9	1.5	3.61	2.25	51.31	44.79
5	-1.9	0.5	3.61	0.25	50.44	45.66
6	-0.9	0.5	0.81	0.25	49.41	46.69
7	0.9	0.5	0.81	0.25	49.41	46.69
8	1.9	0.5	3.61	0.25	50.44	45.66
9	-1.9	-0.5	3.61	0.25	50.44	45.66
10	-0.9	-0.5	0.81	0.25	49.41	46.69
11	0.9	-0.5	0.81	0.25	49.41	46.69
12	1.9	-0.5	3.61	0.25	50.44	45.66
13	-1.9	-1.5	3.61	2.25	51.31	44.79
14	-0.9	-1.5	0.81	2.25	50.28	45.82
15	0.9	-1.5	0.81	2.25	50.28	45.82
16	1.9	-1.5	3.61	2.25	51.31	44.79
17	0	1	0	1	48.92	47.18
18	0	0	0	0	48.05	48.05
19	0	-1	0	1	48.92	47.18
Jumlah			35.36	22	Max = 51.31	Max = 48.05

Contoh perhitungan tiang 1

$$P_{maks} = \frac{P}{n} + \frac{Mx \cdot Y}{\Sigma Y^2} + \frac{My \cdot X}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{912,93}{19} + \frac{19,15 \times 1,5}{2,25} + \frac{36,42 \times 1,9}{3,61}$$

$$= 51,31 \text{ Ton}$$

$$P_{\min} = \frac{P}{n} - \frac{Mx \cdot Y}{\Sigma Y^2} - \frac{My \cdot X}{\Sigma X^2}$$

$$= \frac{912,93}{19} - \frac{19,15 \times 1,5}{2,25} - \frac{36,42 \times 1,9}{3,61}$$

$$= 44,79 \text{ Ton}$$

Kontrol

$$P_{\text{maks}} \leq P_{\text{ijin}}$$

$$P_{\text{maks}} \leq \text{DDT} \times 1,5$$

$$51,31 \text{ Ton} \leq 72,89 \text{ Ton} \times 1,5$$

$$51,31 \text{ Ton} \leq 109,33 \text{ Ton} \dots \text{Memenuhi Syarat}$$

Berikut rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan distribusi grup tiang dari kombinasi yang tersedia.

Tabel 4. 56 Rekapitulasi Perhitungan DDT Berdasarkan Distribusi Grup Tiang

Kombinasi	Gempa 2012			Gempa 2019		
	P _{maks} (Ton)	P _{ijin} (Ton)	Ket	P _{maks} (Ton)	P _{ijin} (Ton)	Ket
1DL + 1LL	47.68	109.33	Ok	47.68	109.33	Ok
1DL + 1LL + 1Eqx + 0,3 Eqy	51.31	109.33	Ok	52.77	109.33	Ok
1DL + 1LL - 1Eqx - 0,3 Eqy	47.77	109.33	Ok	48.31	109.33	Ok
1DL + 1LL + 1Eqx - 0,3 Eqy	51.31	109.33	Ok	52.77	109.33	Ok
1DL + 1LL - 1Eqx + 0,3 Eqy	47.77	109.33	Ok	48.31	109.33	Ok
1DL + 1LL + 0,3Eqx + 1 Eqy	54.03	109.33	Ok	56.65	109.33	Ok
1DL + 1LL - 0,3Eqx - 1 Eqy	45.71	109.33	Ok	45.35	109.33	Ok
1DL + 1LL + 0,3Eqx - 1 Eqy	54.03	109.33	Ok	56.65	109.33	Ok
1DL + 1LL - 0,3Eqx + 1 Eqy	45.71	109.33	Ok	45.35	109.33	Ok

4.12.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan "Analisa dan Desain Pondasi-Jilid 2 (Joseph E Bowles)", perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut.

$$\eta = 1 - tg^{-1} \frac{D}{S_1} \left[\frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 m n} \right]$$

Dimana :

$$D = \text{diameter tiang pancang} = 0,4 \text{ m}$$

$$S_1 = \text{Jarak antar tiang pancang} = 1 \text{ m}$$

$$m = \text{Jumlah baris tiang dalam grup} = 4 \text{ baris}$$

$$n = \text{Jumlah kolom tiang dalam grup} = 5 \text{ kolom}$$

$$\theta = tg^{-1} D/S_1 = tg^{-1} 0,4/1 = 21,80$$

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi tiang, } \eta &= 1 - tg^{-1} \frac{D}{S_1} \left[\frac{(m-1)n+(n-1)m}{90 m n} \right] \\
 &= 1 - 21,80 \left[\frac{(4-1) x 5 + (5-1) x 4}{90 x 4 x 5} \right] \\
 &= 0,625
 \end{aligned}$$

Cek syarat daya dukung berdasarkan efisiensi grup

$$P_{maks} \leq P_{ijin}$$

$$Fz \leq n \times \eta \times DDT \times 1,5$$

$$51,31 \text{ Ton} \leq 0,625 \times 72,89 \times 1,5$$

51,31 Ton < 68,33 Ton ...**Memenuhi Syarat**

Berikut rekapitulasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan efisiensi dari kombinasi yang tersedia.

Tabel 4. 57 Rekapitulasi Perhitungan DDT Berdasarkan Efisiensi

Kombinasi	Gempa 2012			Gempa 2019		
	P _{maks} (Ton)	P _{ijin} (Ton)	Ket	P _{maks} (Ton)	P _{ijin} (Ton)	Ket
1DL + 1LL	47.68	68.33	Ok	47.68	68.33	Ok
1DL + 1LL + 1Eqx + 0,3 Eqy	51.31	68.33	Ok	52.77	68.33	Ok
1DL + 1LL - 1Eqx - 0,3 Eqy	47.77	68.33	Ok	48.31	68.33	Ok
1DL + 1LL + 1Eqx - 0,3 Eqy	51.31	68.33	Ok	52.77	68.33	Ok
1DL + 1LL - 1Eqx + 0,3 Eqy	47.77	68.33	Ok	48.31	68.33	Ok
1DL + 1LL + 0,3Eqx + 1 Eqy	54.03	68.33	Ok	56.65	68.33	Ok
1DL + 1LL - 0,3Eqx - 1 Eqy	45.71	68.33	Ok	45.35	68.33	Ok
1DL + 1LL + 0,3Eqx - 1 Eqy	54.03	68.33	Ok	56.65	68.33	Ok
1DL + 1LL - 0,3Eqx + 1 Eqy	45.71	68.33	Ok	45.35	68.33	Ok

4.12.4 Perhitungan lentur pile cap

Data struktur :

Mutu Beton, $f_c = 20,75 \text{ MPa}$

Mutu tulangan lentur, $f_{yl} = 400 \text{ MPa}$

Ukuran kolom, $b_c = 900 \text{ mm}$

$h_c = 1000 \text{ mm}$

Ukuran pile cap $b_p = 4000 \text{ mm}$

$h_p = 4800 \text{ mm}$

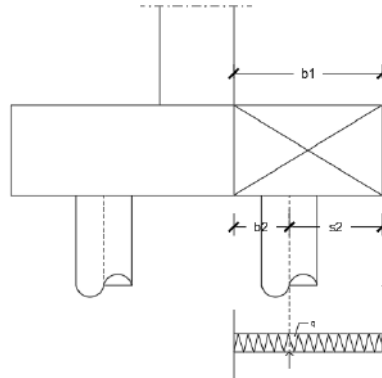
$t_p = 1700 \text{ mm}$

Dia. tulangan pile cap = 25 mm

Selimut beton = 75 mm

Penulangan arah X

Analisis penulangan pile cap dengan menganggap pile cap sebagai kantilever



Gambar 4. 42 Analisis Pile Cap Sebagai Kantilever

$$d = t_p - s_b - D - D/2 = 1700 - 75 - 25 - 25/2 = 1587,5 \text{ mm}$$

$$b_1 = b - b/2 - bc/2 = 4000 - 4000/2 - 900/2 = 1550 \text{ mm}$$

$$b_2 = b_1 - S_2 = 1550 - 500 = 1050 \text{ mm}$$

$$q = 2,4 \text{ ton/m}^3 \times b_1 \times t = 2,4 \times 1,55 \times 1,7 = 6,324 \text{ ton/m}$$

$$P_u = 921,65 \text{ ton (gaya terbesar pada tiang pancang)}$$

$$M_u = M_p - M_q$$

$$= (P_u \times b_2) - (0,5 \times q \times b_1^2)$$

$$= (921,65 \times 1,05) - (0,5 \times 6,324 \times 1,55^2)$$

$$= 960,14 \text{ tonm}$$

$$= 9601357950 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{9601357950}{0,9 \times 4000 \times 1587,5^2} = 1,058 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,679$$

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

$$= \frac{1}{22,679} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,679 \times 1,058}{400}} \right)$$

$$= 0,0027$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0027 \times 4000 \times 1587,5$$

$$= 17337,02 \text{ mm}^2$$

Terpasang tulangan 37D25

$$A_{Stul} = \Sigma_{tul} \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 37 \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 18169,643 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$A_{Stul} > A_{Sperlu}$$

$$18169,643 \text{ mm}^2 > 17337,02 \text{ mm}^2 \dots \text{Ok!}$$

Penulangan arah Y

Analisis penulangan pile cap dengan menganggap pile cap sebagai kantilever

$$d = t_p - s_b - D - D/2 = 1700 - 75 - 25/2 = 1612,5 \text{ mm}$$

$$b_1 = h - h/2 - hc/2 = 4800 - 4800/2 - 1000/2 = 1900 \text{ mm}$$

$$b_2 = b_1 - S_2 = 1900 - 500 = 1400 \text{ mm}$$

$$q = 2,4 \text{ ton/m}^3 \times b_1 \times t = 2,4 \times 1,9 \times 1,7 = 7,752 \text{ ton/m}$$

$$P_u = 921,65 \text{ ton (gaya terbesar pada tiang pancang)}$$

$$M_u = M_p - M_q$$

$$= (P_u \times b_2) - (0,5 \times q \times b_1^2)$$

$$= (921,65 \times 1,4) - (0,5 \times 7,752 \times 1,9^2)$$

$$= 1276,32 \text{ tonm}$$

$$= 12763176400 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{12763176400}{0,9 \times 4800 \times 1612,5^2} = 1,136 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 20,75} = 22,679$$

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

$$= \frac{1}{22,679} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 22,679 \times 1,136}{400}} \right)$$

$$= 0,0029$$

$$A_{Sperlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0029 \times 4000 \times 1587,5$$

$$= 22744,40 \text{ mm}^2$$

Terpasang tulangan 46D25

$$A_{Stul} = \Sigma_{tul} \times 0,25 \times \pi \times D^2 = 47 \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 23080,36 \text{ mm}^2$$

Sehingga,

$$A_{Stul} > A_{Sperlu}$$

$$23080,36 \text{ mm}^2 > 22744,40 \text{ mm}^2 \dots \text{Ok!}$$

4.12.5 Perhitungan Geser Pons Pile Cap

Mutu Beton, $f_{c} = 20,75 \text{ MPa}$

Mutu tulangan lentur, $f_{yl} = 400 \text{ MPa}$

Ukuran kolom, $b_c = 900 \text{ mm}$

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

Ukuran pile cap $b_p = 4000 \text{ mm}$

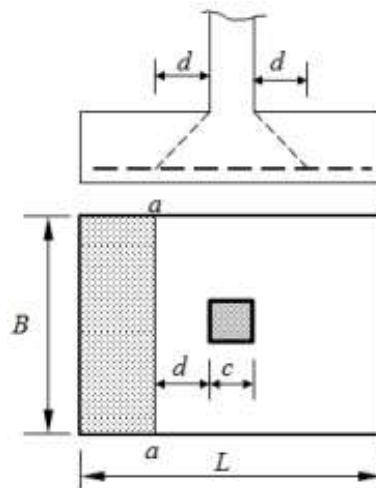
$$h_p = 4800 \text{ mm}$$

$$t_p = 1700 \text{ mm}$$

Dia. tulangan pile cap = 25 mm

Selimut beton = 75 mm

Jumlah tiang pancang, $n = 19 \text{ buah}$



Gambar 4. 43 Geser Satu Arah Pada Pile Cap

$$d = t_p - sb - D/2 = 1700 - 75 - 25/2 = 1612,5 \text{ mm}$$

$$P_u = 9216,47 \text{ kN} (1,2+0,2\text{SDS})DL + LL + 1 Q_x + 0,3 Q_y$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b_p \times h_p} = \frac{9216,47 \cdot 10^3}{4000 \times 4800} = 0,48 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada pile cap

$$L = (0,5 \times h_p) - (0,5 \times h_c) - d = (0,5 \times 4800) - (0,5 \times 1000) - 1612,5 = 287,5 \text{ mm}$$

$$V_u = Q_u \times h_p \times L_x = 0,48 \times 4800 \times 287,5 = 81366 \text{ N} = 662,434 \text{ kN}$$

Nilai kuat geser untuk beton

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_c \times d \\ &= 0,75 \times 0,17 \times \sqrt{20,75} \times 400 \times 1612,5 \\ &= 936,524 \text{ kN}\end{aligned}$$

Cek geser spon akibat kolom

$$\phi V_c \geq V_u$$

936,524 kN > 662,434 kN**Ok! Memenuhi Syarat**

BAB V PERKUATAN

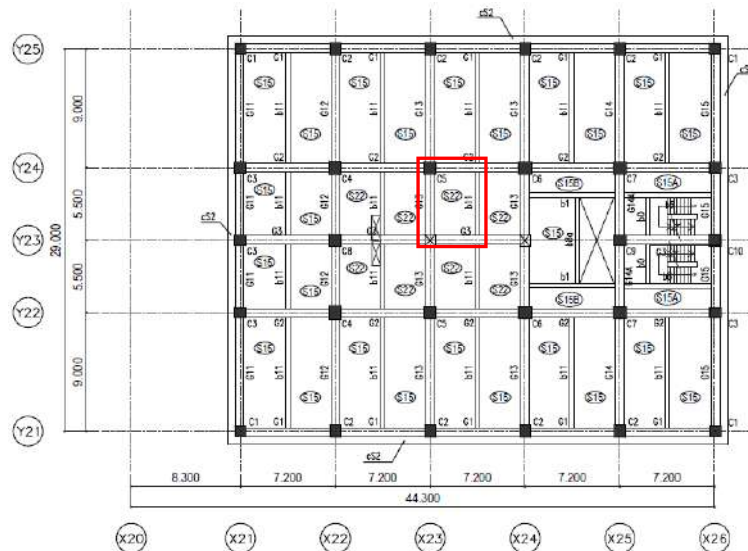
5.1 Perkuatan Lentur Pelat

Dari analisis yang dilakukan terdapat 9 elemen pelat yang perlu perkuatan lentur. Metode perkuatan yang digunakan adalah menggunakan pemasangan CFRP ((*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) berbentuk pelat tipis (laminat) pada elemen yang memerlukan perkuatan. Berikut hasil rekapitulasi elemen pelat yang perlu perkuatan lentur.

Tabel 5. 1 Elemen Pelat yang Perlu Perkuatan Lentur

Tipe Pelat	Label	Letak	Mn	Mu	ΔM	Selisih
			(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	%
Lantai 3						
S22	F69	Tumpuan (x)	25.100	37.582	12.482	33.2
	F70	Tumpuan (x)	25.100	33.678	8.578	25.5
	F72	Tumpuan (x)	25.100	37.645	12.545	33.3
	F73	Tumpuan (x)	25.100	33.814	8.714	25.8
	F119	Tumpuan (x)	25.100	33.349	8.249	24.7
	F120	Tumpuan (x)	25.100	31.953	6.853	21.4
	F121	Tumpuan (x)	25.100	42.427	17.327	40.8
	F123	Tumpuan (x)	25.100	42.490	17.390	40.9
S15	F76	Tumpuan (x)	27.708	42.769	15.061	35.2
		Tumpuan (y)	15.204	20.890	5.686	27.2

5.1.1 Perhitungan CFRP Lentur Pelat



Gambar 5. 1 Desain Perkuatan Lentur Pelat yang Ditinjau

Spesifikasi CFRP

- Nama Bahan = Sika CarboDur
- Tipe = S1214
- Lebar (w_f) = 120 mm (terpasang 1 strip)
- Tebal (t_f) = 1,4 mm

$$\text{Tensile strength } (f_{fu}^*) = 2800 \text{ MPa}$$

$$\text{Regangan putus } (\varepsilon_{fu}^*) = 0,017$$

$$\text{Modulus Elastis } (E_f) = 165000 \text{ MPa}$$

$$\text{Faktor reduksi } (C_E) = 0,95$$

$$\Psi_f = 0,85$$

Data Pelat

$$\text{Tipe Pelat} = \text{Pelat Lantai S22}$$

$$\text{Tebal pelat} = 220 \text{ mm}$$

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

$$\text{Diameter Tul lentur pelat} = \text{D13-200}$$

$$\begin{aligned} \text{As pelat} &= 0,25 \times \pi \times \varnothing^2 \times \frac{b}{s} \\ &= 0,25 \times \pi \times 10^2 \times \frac{1000}{200} \\ &= 392,70 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Mutu beton pelat} = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu tulangan pelat} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut beton} = 20 \text{ mm}$$

Berikut tahapan desain perkuatan lentur pelat berdasarkan ACI 440-2R.17 Tabel 16.3c

1. Menghitung Properti Material Desain

$$\begin{aligned} f_{fu} &= C_E \times f_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 2800 \\ &= 2660 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{fu} &= C_E \times \varepsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,017 \\ &= 0,016 \end{aligned}$$

2. Menghitung Preliminari

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{20,75} \\ &= 21409,52 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$E_s / E_c = 200000 / 21409,52 = 9,34 \text{ MPa}$$

$$E_f / E_c = 165000 / 21409,52 = 7,71 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} A_f &= n_f \times t_f \times w_f \\ &= 1 \text{ lapis} \times 1,4 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \\ &= 168 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai regangan eksisting (ϵ_{bi})

$$\begin{aligned}M_{DL} &= 11,38 \text{ kNm (Output ETABS Kombinasi 1D)} \\d &= h - S_b - 0,5\emptyset \\ &= 220 - 20 - 0,5 (10) \\ &= 195 \text{ mm} \\d_f &= h + 0,5 t_f = 220 + 0,5 (1,4) = 220,7 \text{ mm} \\ \rho_s &= \frac{A_s}{b \times d} = \frac{392,70}{1000 \times 195} = 0,0020 \\ \rho_f &= \frac{A_f}{b \times d} = \frac{168}{1000 \times 195} = 0,0009 \\ k &= \sqrt{\left(\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c}\right)^2 + 2 \left(\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c} \left(\frac{d_f}{d}\right)\right) - \left(\rho_s \frac{E_s}{E_c} + \rho_f \frac{E_f}{E_c}\right)} \\ &= 0,189 \\ I_{cr} &= 0,35 \times I_g = 0,35 \times 1/12 \times 1000 \times 220^3 = 310566666,67 \text{ mm}^4 \\ \epsilon_{bi} &= \frac{M_{DL} \times (d_f - k \times d)}{I_{cr} \times E_c} = \frac{11381000 \times (220,7 - 0,189 \times 195)}{310566666,67 \times 21409,52} = 0,0003\end{aligned}$$

4. Menentukan Regangan Desain FRP

$$\begin{aligned}\epsilon_{fd} &= 0,41 \times \sqrt{\frac{f_c}{E_f \times t_f}} \leq 0,9 \epsilon_{fu} \\ &= 0,41 \times \sqrt{\frac{20,75}{165000 \times 1,4}} \leq 0,9 \times 0,016 \\ &= 0,0039 < 0,0145 \dots \text{Ok}\end{aligned}$$

Asumsi $c = 32,41 \text{ mm}$

5. Menentukan Regangan Efektif FRP

$$\begin{aligned}\text{Asumsi } c &= 32,41 \text{ mm} \\ \epsilon_{fe} &= 0,003 \times \left(\frac{d_f - c}{c}\right) - \epsilon_{bi} \\ &= 0,003 \times \left(\frac{220,7 - 32,41}{32,41}\right) - 0,0003 \\ &= 0,0171\end{aligned}$$

$$\epsilon_{fe} \leq \epsilon_{fd}$$

$$0,0171 > 0,0039$$

Karena regangan efektif lebih besar dari regangan desain frp maka $\epsilon_{fe} = \epsilon_{fd}$

6. Menghitung Tegangan Efektif CFRP

$$\begin{aligned}f_{fe} &= E_f \times \epsilon_{fe} \\ &= 165000 \times 0,0039 \\ &= 641,17 \text{ MPa}\end{aligned}$$

7. Menghitung Resultan Gaya Internal dan Cek Keseimbangan

$$\begin{aligned}\epsilon_c &= (\epsilon_{fe} + \epsilon_{bi}) \times \left(\frac{c}{d_f - c}\right) \\ &= (0,0039 + 0,0003) \times \left(\frac{32,41}{220,7 - 32,41}\right) \\ &= 0,0007\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_c' &= \frac{1,7 \times f_c'}{E_c} = \frac{1,7 \times 20,75}{21409,52} = 0,0024 \\ \beta_1 &= \frac{4 \times \epsilon_c' - \epsilon_c}{6 \times \epsilon_c' - 2 \times \epsilon_c} = \frac{4 \times 0,0024 - 0,0007}{6 \times 0,0024 - 2 \times 0,0007} = 0,69 \\ \alpha &= \frac{3 \times \epsilon_c' \times \epsilon_c - \epsilon_c^2}{3 \times \beta_1 - 2 \times \epsilon_c'^2} = \frac{3 \times 0,0024 \times 0,0007 - 0,0007^2}{3 \times 0,69 - 2 \times 0,0024^2} = 0,397 \\ c &= \frac{A_s \times f_s + A_f f_{fe}}{\alpha \times f_c' \times \beta_1 \times b} \\ &= \frac{392,7 \times 400 + 168 \times 641,17}{0,397 \times 20,75 \times 0,69 \times 1000} \\ &= 32,41 \text{ mm (garis netral hitung sudah sesuai garis netral asumsi)} \end{aligned}$$

8. Menghitung Kebutuhan Luasan CFRP

$$\begin{aligned} \mu &\leq \phi M_n \\ \mu &\leq \phi M_n + \psi f \times M_{nf} \\ \mu - \phi M_n &\leq \psi f \times M_{nf} \\ 37,58 - 25,10 &\leq \psi f \times A_f \times F_{fe} \times \left(d_f - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \\ 12,48 \text{ kNm} &\leq \psi f \times A_f \times F_{fe} \times \left(d_f - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right) \end{aligned}$$

Kebutuhan luasan CFRP yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} A_f \text{ perlu} &= \frac{\mu - \phi M_n}{\psi f \times f_{fe} \times \left(d_f - \frac{\beta_1 \times c}{2} \right)} \\ &= \frac{12481884,44}{0,85 \times 641,17 \times \left(220,7 - \frac{0,85 \times 32,41}{2} \right)} \\ &= 110,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka, jumlah CFRP yang dipasang:

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_f \text{ perlu}}{A_f \text{ CFRP}} \\ &= \frac{110,68}{168} \\ &= 0,67 \approx 1 \text{ Buah} \end{aligned}$$

5.1.2 Rekapitulasi Perkuatan Lentur Pelat

Berikut rekapitulasi perhitungan perkuatan lentur pelat menggunakan CFRP

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Lentur Pelat

Tipe Balok	Label	Letak	ØMn	µ (AF)	ΔM	Variabel ε _{fe}			ε _{fe}	f _{fe}	A _f perlu	A _f	Kebutuhan CFRP (strip)	Tipe
			(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	d	d _f	c		Mpa	(mm ²)	(mm ²)		
Lantai 3														
S22	F69	Tumpuan (x)	25.100	37.58	12.48	195	221	32.41	0.0039	641.17	110.68	168	1	S1214
	F70	Tumpuan (x)	25.100	33.68	8.58	195	221	32.41	0.0039	641.17	76.06	168	1	S1214
	F72	Tumpuan (x)	25.100	37.65	12.54	195	221	32.41	0.0039	641.17	111.24	168	1	S1214
	F73	Tumpuan (x)	25.100	33.81	8.71	195	221	32.41	0.0039	641.17	77.27	168	1	S1214
	F119	Tumpuan (x)	25.100	33.35	8.25	195	221	32.41	0.0039	641.17	73.15	168	1	S1214
	F120	Tumpuan (x)	25.100	31.95	6.85	195	221	32.41	0.0039	641.17	60.77	168	1	S1214
	F121	Tumpuan (x)	25.100	42.43	17.33	195	221	32.41	0.0039	641.17	153.64	168	1	S1214
	F123	Tumpuan (x)	25.100	42.49	17.39	195	221	32.41	0.0039	641.17	154.20	168	1	S1214
S15	F76	Tumpuan (x)	27.708	42.77	15.06	124	151	35.67	0.0039	641.17	203.88	168	2	S1214
		Tumpuan (y)	15.204	20.89	5.69	125	151	26.51	0.0039	641.17	74.82	168	1	S1214

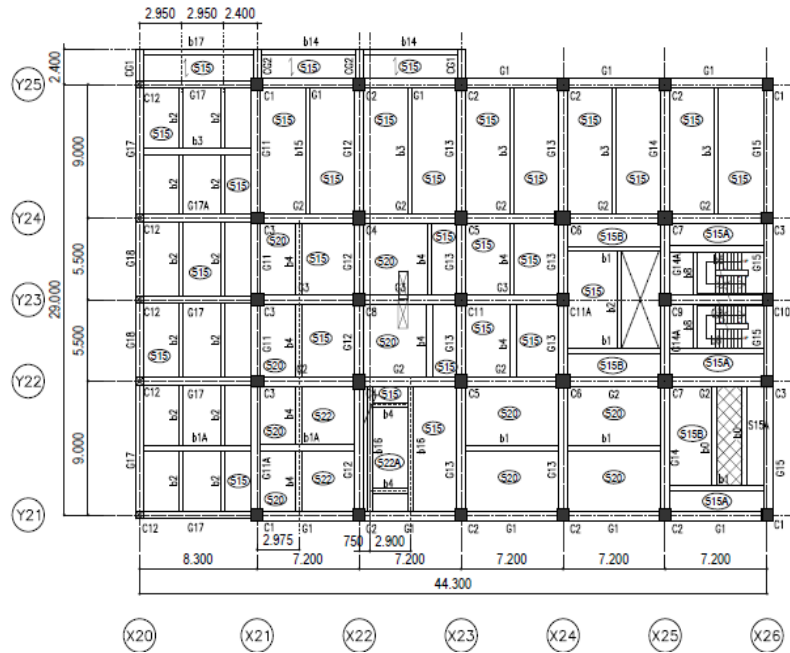
5.2 Perkuatan Geser Balok

Dari analisis yang dilakukan terdapat 30 elemen pelat yang perlu perkuatan geser. Metode perkuatan yang digunakan adalah menggunakan pemasangan CFRP ((*Carbon Fiber Reinforced Polymer*) berbentuk serat tipis (wrap) pada elemen yang memerlukan perkuatan. Berikut hasil rekapitulasi elemen pelat yang perlu perkuatan lentur.

Tabel 5. 3 Elemen Balok yang Perlu Perkuatan Geser

Tipe Balok	Label	Letak	ϕV_n	V_e	ΔV	Selisih
			(kN)	(kN)	(kN)	%
Balok Lantai 2						
G17	B5	Tumpuan	387.91	410.18	-22.27	5.43
	B41	Tumpuan	387.91	433.60	-45.69	10.54
	B42	Tumpuan	387.91	410.22	-22.30	5.44
	B43	Tumpuan	387.91	424.44	-36.52	8.61
G18	B3	Tumpuan	387.91	393.96	-6.05	1.53
	B4	Tumpuan	387.91	393.31	-5.39	1.37
Balok Lantai 3						
G12	B29	Tumpuan	992.20	1168.40	-176.20	15.08
	B30	Tumpuan	992.20	1175.71	-183.51	15.61
G13	B33	Tumpuan	992.20	1129.64	-137.44	12.17
	B34	Tumpuan	992.20	1131.69	-139.49	12.33
	B37	Tumpuan	992.20	1171.53	-179.33	15.31
	B38	Tumpuan	992.20	1174.61	-182.41	15.53
Balok Lantai 4 & Lantai 5						
G12A	B29	Tumpuan	992.20	1216.85	-246.70	19.91
	B30	Tumpuan	992.20	1221.02	-253.87	20.37
G15	B21	Tumpuan	932.50	1115.24	-182.74	16.39
	B22	Tumpuan	932.50	1116.65	-184.15	16.49
Balok Lantai 6 & Lantai 7						
G12A	B29	Tumpuan	993.99	1179.99	-186.00	15.76
	B30	Tumpuan	993.99	1180.38	-186.39	15.79
G15	B21	Tumpuan	934.29	969.95	-35.66	3.68
	B22	Tumpuan	934.29	970.61	-36.32	3.74
Balok Lantai 8 & Lantai 9						
G12A	B29	Tumpuan	993.99	1057.20	-63.21	5.98
	B30	Tumpuan	993.99	1051.61	-57.62	5.48
Balok Lantai 10						
G12A	B29	Tumpuan	662.66	833.01	-170.34	20.45
	B30	Tumpuan	662.66	826.39	-163.73	19.81
G15	B21	Tumpuan	622.86	850.72	-227.86	26.78
	B22	Tumpuan	622.86	850.76	-227.90	26.79
Balok Lantai 11						
G12A	B29	Tumpuan	662.66	748.56	-85.90	11.48
	B30	Tumpuan	662.66	741.85	-79.19	10.67
G15	B21	Tumpuan	622.86	704.32	-81.46	11.57
	B22	Tumpuan	622.86	703.68	-80.82	11.49

5.2.1 Perhitungan CFRP Geser Balok



Gambar 5. 2 Desain Perkuatan Geser Balok yang Ditinjau

Spesifikasi CFRP

- Nama Bahan = Sika Wrap – 900 C
- Lebar (w_f) = 300 mm
- Tebal (t_f) = 0,48 mm
- Tensile Strength (f_{fu}^*) = 3800 MPa
- Regangan Putus (ϵ_{fu}^*) = 0,0155
- Modulus Elastis (E_f) = 242000 MPa
- Faktor Reduksi (C_E) = 0,95
- Ψ_f = 0,85

Data Balok

- Tipe Balok = Balok G17 (B5)
- b = 400 mm
- h = 800 mm
- Tulangan Atas = 5D32
- Tulangan Bawah = 3D32
- Tulangan Sengkang = D13-150

$$\text{Mutu beton, } f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu tulangan Lentur, } f_{yl} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu tulangan geser, } f_{yv} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Selimut Beton, } s_b = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal Pelat, } t_s = 150 \text{ mm}$$

Berikut tahapan desain perkuatan lentur pelat berdasarkan ACI 440-2R.17 Tabel 16.6c

1. Menghitung Properti Material Desain

$$\begin{aligned} f_{fu} &= C_E \times f_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 3800 \\ &= 3610 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{fu} &= C_E \times \epsilon_{fu}^* \\ &= 0,95 \times 0,0155 \\ &= 0,0147 \end{aligned}$$

2. Menghitung Regangan Efektif Perkuatan CFRP

$$\begin{aligned} d &= h - s_b - D_v - 0,5D_l \\ &= 800 - 40 - 13 - 0,5(32) \\ &= 731 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_{fv} &= d - t_s \\ &= 731 - 150 \\ &= 581 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$n_f = 1 \text{ lapis (asumsi awal)}$$

$$\begin{aligned} L_e &= \frac{23300}{(t_f \times E_f)^{0,58}} \\ &= \frac{23300}{(0,48 \times 242000)^{0,58}} \\ &= 26,89 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_1 &= \left(\frac{f_c}{27}\right)^{2/3} \\ &= \left(\frac{29,05}{27}\right)^{2/3} \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_2 &= \frac{d_{fv} - L_e}{d_{fv}} \\ &= \frac{581 - 26,89}{581} \\ &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_v &= \frac{k_1 \times k_2 \times L_e}{11900 \times \epsilon_{fu}} \leq 0,75 \\ &= \frac{1,05 \times 0,95 \times 26,89}{11900 \times 0,0147} \leq 0,75 \\ &= 0,15 < 0,75 \dots \text{Maka } K_v = 0,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{fe} &= k_v \times \varepsilon_{fu} \leq 0,0040 \\
&= 0,15 \times 0,0147 \leq 0,0040 \\
&= 0,0023 < 0,0040 \dots \text{Maka } \varepsilon_{fe} = 0,0023
\end{aligned}$$

3. Menghitung Kontribusi Perkuatan CFRP terhadap Kuat Geser

$$\begin{aligned}
A_{fv} &= 2 \times n_f \times t_f \times w_f \\
&= 2 \times 1 \times 0,48 \times 300 \\
&= 288 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
f_{fe} &= \varepsilon_{fe} \times E_f \\
&= 0,0023 \times 242000 \\
&= 547,64 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

Direncanakan CFRP dipasang setiap jarak, $s_f = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
V_f &= \frac{A_{fv} \times f_{fe} \times (\sin\alpha + \cos\alpha) \times d_{fv}}{s_f} \\
&= \frac{288 \times 547,64 \times 1 \times 581}{300} \\
&= 305453,71 \text{ N} \\
&= 305,45 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_n' &= \phi V_n + \phi \Psi_f V_f \\
&= 387,91 + 0,75 \times 0,85 \times 305,45 \\
&= 387,91 + 194,73 \\
&= 582,64 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Kontrol

$$\phi V_n' \geq V_e$$

582,64 kN > 410,18 kN ...**Memenuhi syarat**

5.2.2 Rekapitulasi Perkuatan Geser Balok

Berikut rekapitulasi perhitungan perkuatan geser pelat menggunakan CFRP

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan Perkuatan Geser Balok

Tipe Balok	No. Elemen	Variabel E_f					E_f	A_{fv} mm ²	f_{fe} Mpa	$\phi\psi V_f$ kN	ϕV_n kN	V_e kN	$\phi V_n'$ ($\phi V_n + \phi\psi V_f$)	Ket
		lapis	Le	dfv	k_2	k_v								
Balok Lantai 2														
G17	B5	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	410.18	582.64	OK
	B41	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	433.60	582.64	OK
	B42	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	410.22	582.64	OK
	B43	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	424.44	582.64	OK
G18	B3	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	393.96	582.64	OK
	B4	1	26.9	581	0.95	0.15	0.0023	288	547.644	194.73	387.91	393.31	582.64	OK
Balok Lantai 3														
G12	B29	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1168.40	1222.07	OK
	B30	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1175.71	1222.07	OK
G13	B33	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1129.64	1222.07	OK
	B34	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1131.69	1222.07	OK
	B37	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1171.53	1222.07	OK
	B38	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1174.61	1222.07	OK
Balok Lantai 4 & Lantai 5														
G12A	B29	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1216.85	1222.07	OK
	B30	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	992.20	1221.02	1222.07	OK
G15	B21	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	932.50	1115.24	1162.37	OK
	B22	1	26.9	681	0.96	0.15	0.0023	288	551.546	229.87	932.50	1116.65	1162.37	OK
Balok Lantai 6 & Lantai 7														
G12A	B29	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	993.99	1179.99	1224.39	OK
	B30	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	993.99	1180.38	1224.39	OK
G15	B21	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	934.29	969.95	1164.69	OK
	B22	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	934.29	970.61	1164.69	OK
Balok Lantai 8 & Lantai 9														
G12A	B29	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	993.99	1057.20	1224.39	OK
	B30	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	993.99	1051.61	1224.39	OK
Balok Lantai 10														
G12A	B29	1	26.9	633	0.96	0.15	0.0023	288	549.808	212.83	662.66	833.01	875.49	OK
	B30	1	26.9	633	0.96	0.15	0.0023	288	549.808	212.83	662.66	826.39	875.49	OK
G15	B21	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	622.86	850.72	853.26	OK
	B22	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	622.86	850.76	853.26	OK
Balok Lantai 11														
G12A	B29	1	26.9	633	0.96	0.15	0.0023	288	549.808	212.83	662.66	748.56	875.49	OK
	B30	1	26.9	633	0.96	0.15	0.0023	288	549.808	212.83	662.66	741.85	875.49	OK
G15	B21	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	622.86	704.32	853.26	OK
	B22	1	26.9	683	0.96	0.15	0.0023	288	551.596	230.40	622.86	703.68	853.26	OK

5.3 Metode Pelaksanaan




5.3.1 Alat dan Bahan

Berikut alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pemasangan CFRP dapat dilihat pada Tabel 5. 5

Tabel 5. 5 Alat-Alat yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP


No	Alat	Gambar
1	Hammer Drill / Mesin Bor	

No	Alat	Gambar
2	Mata Bor Bobok	
3	Mata Bor Pengaduk	
4	Gerinda Tangan	
5	Blower	
6	Timbangan	

No	Alat	Gambar
7	Kuas	
8	Roller karet	
9	Lakban kertas	
10	Gunting / cutter	
11	Meteran	



Alat pelindung diri (APD) tambahan atau khusus dalam pekerjaan ini, dapat dilihat pada **Tabel 5. 6**

Tabel 5. 6 APD Tambahan yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP

No	Nama Alat	Gambar
1	Sarung tangan karet	
2	Masker	

Berikut bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pemasangan CFRP dapat dilihat pada tabel **Tabel 5. 7**

Tabel 5. 7 Bahan yang Digunakan pada Pekerjaan Pemasangan CFRP

No	Nama Alat	Gambar
1	Sikadur 30	
2	Sika Wrap-900 C	

3	Sika Carbodur S1214	
---	------------------------	--

5.3.2 Metode Pelaksanaan Perkuatan CFRP

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan.
2. Membuat batasan area kerja dan pasang papan proyek ditempat yang mudah dibaca.
3. Bobok plesteran pada permukaan balok / pelat yang akan dilapisi CFRP menggunakan hammer drill atau mesin bor. Hal ini bertujuan agar CFRP menempel langsung pada beton.



Gambar 5. 3 Proses Bobok Plester Balok

4. Setelah dilakukan pembobokan, gerinda permukaan beton yang kasar agar CFRP dapat menempel dengan sempurna pada permukaan beton.
5. Hilangkan debu-debu dan kotoran yang menempel pada permukaan beton yang akan dilapisi CFRP menggunakan blower
6. Marking area beton yang akan dilapisi CFRP



Gambar 5. 4 Marking Area Beton yang Akan Dilapisi CFRP

7. Melakukan pengukuran dan pemotongan CFRP sesuai kebutuhan menggunakan cutter



Gambar 5. 5 Pengukuran dan Pemotongan CFRP

8. Membuat campuran epoxy menggunakan sikadur 30 dengan sesuai takaran, aduk campuran hingga merata.



Gambar 5. 6 Proses Membuat Campuran Epoxy

9. Lapiskan lembaran CFRP dengan bahan perekat Sikadur 30 hingga rata menggunakan kuas atau spatula



Gambar 5. 7 Proses Pelapisan Lembaran CFRP dengan Epoxy

10. Rekatkan lembaran CFRP pada permukaan beton yang akan diperkuat sesuai gambar rencana.



Gambar 5. 8 Proses Pemasangan Lembaran CFRP pada Beton

11. Tekan dan lapiasi kembali lembaran CFRP dengan menggunakan epoxy yang sama serta gunakan roller karet searah serat untuk memperkuat daya rekat lapisan CFRP



Gambar 5. 9 Proses Menekan CFRP Menggunakan Roller

12. Setelah permukaannya kering lapiasi kembali dengan plester agar material CFRP terlindungi sempurna dan untuk mengembalikan bentuk seperti semula.

5.4 Volume Perkuatan

Berikut merupakan total CFRP Wrap yang dibutuhkan:

Tabel 5. 8 Volume CFRP Laminate yang Dibutuhkan

No	Pekerjaan	Jumlah	Jumlah	Panjang (m)	Total (m)
		Lembar	Lapis		
CFRP Sika CarbuDor (Pelat)					
Lantai 3					
1	Pelat S22 (F69) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
2	Pelat S22 (F70) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
3	Pelat S22 (F72) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
4	Pelat S22 (F73) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
5	Pelat S22 (F119) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
6		5	1	1.150	5.750

	Pelat S22 (F120) Tumpuan x	5	1	1.000	5.000
7	Pelat S22 (F121) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
8	Pelat S22 (F122) Tumpuan x	5	1	1.150	5.750
		5	1	1.000	5.000
9	Pelat S15 (F76) Tumpuan x	14	1	1.200	16.800
		14	1	1.050	14.700
10	Pelat S15 (F76) Tumpuan y	8	1	2.000	16.000
TOTAL (m²)					133.500

Berikut merupakan total CFRP Laminat yang dibutuhkan:

Tabel 5. 9 Volume CFRP Wrap yang Dibutuhkan

No	Pekerjaan	Jumlah	Jumlah	Panjang (m)	Total (m)
		Lembar	Lapis		
CFRP Sika WRAP (Balok)					
Lantai 2					
1	Balok G17 (B5)	12	1	1.700	20.400
2	Balok G17 (B41)	12	1	1.700	20.400
3	Balok G17 (B42)	12	1	1.700	20.400
4	Balok G17 (B43)	12	1	1.700	20.400
5	Balok G18 (B3)	8	1	1.700	13.600
6	Balok G18 (B3)	8	1	1.700	13.600
Lantai 3					
7	Balok G12 (B29)	8	1	2.150	17.200
8	Balok G12 (B30)	8	1	2.150	17.200
9	Balok G13 (B33)	8	1	2.150	17.200
10	Balok G13 (B34)	8	1	2.150	17.200
11	Balok G13 (B37)	8	1	2.150	17.200
12	Balok G13 (B38)	8	1	2.150	17.200
Lantai 4 & 5					
13	Balok G12A (B29)	8	1	2.050	16.400
14	Balok G12A (B30)	8	1	2.050	16.400
15	Balok G15 (B21)	8	1	2.150	17.200
16	Balok G15 (B22)	8	1	2.150	17.200
Lantai 6 & 7					
17	Balok G12A (B29)	8	1	2.050	16.400
18	Balok G12A (B30)	8	1	2.050	16.400
19	Balok G15 (B21)	8	1	2.150	17.200
20	Balok G15 (B22)	8	1	2.150	17.200
Lantai 8 & 9					
21	Balok G12A (B29)	8	1	2.050	16.400
22	Balok G12A (B30)	8	1	2.050	16.400
Lantai 10					
23	Balok G12A (B29)	8	1	1.950	15.600

24	Balok G12A (B30)	8	1	1.950	15.600
25	Balok G15 (B21)	8	1	2.050	16.400
26	Balok G15 (B22)	8	1	2.050	16.400
Lantai 11					
27	Balok G12A (B29)	8	1	1.950	15.600
28	Balok G12A (B30)	8	1	1.950	15.600
29	Balok G15 (B21)	8	1	2.050	16.400
30	Balok G15 (B22)	8	1	2.050	16.400
TOTAL (m²)					507.200

5.5 RAB Perkuatan

5.5.1 AHS Pekerjaan Persiapan

Berikut Analisa Harga Satuan Pekerjaan Persiapan CFRP Laminat.

Tabel 5. 10 AHS Pekerjaan Persiapan

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1.	Mobilisasi dan Demobilisasi	1	Ls	7,500,000.00	7,500,000.00
2.	Direksi Keet	24	m ²	250,000.00	6,000,000.00
3.	Papan Nama Proyek	0.8	m ²	400,000.00	320,000.00
4.	Penerangan dan Keselamatan Kerja	1	Ls	350,000.00	350,000.00
5.	Dokumentasi/Laporan/Gambar	1	Ls	5,000,000.00	5,000,000.00
Total Harga (RP)					19,170,000.00

5.5.2 AHS Pekerjaan Perkuatan CFRP Laminat

Berikut Analisa Harga Satuan Perkuatan CFRP Laminat.

Tabel 5. 11 AHS Pekerjaan CFRP Laminat

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga Kerja					
1.	Supervisor	0.0625	hari	250,000.00	15,625.00
2.	Tukang 4 orang @Rp 150.000	0.0625	hari	600,000.00	37,500.00
B. Material					
1.	Sika CarboDur S1214	1.1	m'	924,000.00	1,016,400.00
2.	Sikadur 30	1.1	kg	183,333.33	201,666.66
C. Peralatan					
1.	Cutter, Hammer drill, mixer, dll	1	pack	200,000.00	200,000.00
Total Harga (RP)					1,471,191.66

5.5.3 AHS Pekerjaan Perkuatan CFRP Wrap

Berikut Analisa Harga Satuan Perkuatan CFRP Wrap.

Tabel 5. 12 AHS Pekerjaan CFRP Wrap

No	Uraian	Volume	Satuan	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
A. Tenaga Kerja					
1.	Supervisor	0.0625	hari	250,000.00	15,625.00
2.	Tukang 4 orang @Rp 150.000	0.0625	hari	600,000.00	37,500.00
B. Material					
1.	Sika Wrap-900C	1.1	m'	825,000.00	907,500.00
2.	Sikadur 330	1.1	kg	183,333.33	201,666.66
C. Peralatan					
1.	Cutter, Hammer drill, mixer, dll	1	pack	200,000.00	200,000.00
Total Harga (RP)					1,362,291.66

5.5.4 Total Biaya Perkuatan

Anggaran biaya total yang diperlukan untuk melakukan perkuatan menggunakan CFRP Laminat dan CFRP Wrap pada elemen pelat dan balok struktur adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 13 Total Biaya Perkuatan

No	Pekerjaan	Volume	Sat	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1.	Pekerjaan Periapan	1	Ls	19,170,000.00	19,170,000.00
2.	Pekerjaan Perkuatan				
	Pek. Geser Balok	507.20	m ²	1,362,291.66	690,954,331.47
	Pek. Lentur Pelat	133.50	m'	1,471,191.66	196,404,087.01
Total (RP)					906,528,418.48
PPN 10% (RP)					90,652,841.85
Total Biaya (RP)					997,181,260.33
Dibulatkan (RP)					997,182,000.00

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi pada gedung eksisting dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Dari hasil analisis struktur terjadi perbedaan antara gempa 2012 dengan gempa 2019 mengenai jumlah ragam, koefisien respons seismik, gaya geser dinamis, faktor skala dan simpangan antar lantai.

No	Pembeda	SNI 1726-2012	SNI 1726-2019
1	Jumlah Ragam	Modal 90% Mode ke 41	Modal 100% Mode ke 45
2	Koefisien Respons Seismik	Arah X = 0,032 Arah Y = 0,033	Arah X = 0,039 Arah Y = 0,040
3	Gaya Geser Dasar Dinamis	Arah X = 4634,14 kN Arah Y = 4436,02 kN	Arah X = 5360,24 kN Arah Y = 5126,71 kN
4	Faktor Skala Baru	Arah X = 1,243 Arah Y = 1,334	Arah X = 1,499 Arah Y = 1,609
5	Simpangan Antar Lantai	Arah X = Memenuhi Arah Y = Memenuhi	Arah X = Memenuhi Arah Y = Memenuhi

2. Dari hasil evaluasi kapasitas elemen struktur diketahui bahwa struktur kolom masih mampu untuk menahan beban yang terjadi.
3. Dari hasil evaluasi kapasitas elemen struktur diketahui :
 - Terdapat 9 elemen pelat yang tidak mampu menahan lentur.
 - Terdapat 30 elemen balok yang tidak mampu memikul gaya geser yang terjadi.
 - Pondasi tiang pancang masih mampu menahan beban akibat beban gravitasi dan beban gempa. (Dapat dilihat di lampiran)
4. Dari hasil analisis pada Bab V didapatkan bahwa elemen struktur yang memerlukan perkuatan masih dapat terpenuhi dengan menggunakan metode perkuatan CFRP yang dihitung berdasarkan ACI 440.2R-17. Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan perkuatan elemen struktur sebesar Rp 997.182.000,00 dengan PPN 10%

6.2 Saran

Dari hasil analisis yang sudah dilakukan, diberikan beberapa saran yang membangun sehingga dapat diperoleh hasil yang lebih baik, antara lain:

1. Dalam pengumpulan data, perhatikan kelengkapan data yang dibutuhkan agar tidak terjadi permasalahan dalam penyelesaian proyek akhir.
2. Menggunakan mutu beton aktual agar hasil yang didapatkan sesuai dengan kondisi yang terjadi dilapangan. Mutu beton aktual bisa didapatkan dengan pengujian hammer test.
3. Diperlukan ketelitian saat menganalisis agar dapat meminimalisir kesalahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "*Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)*". Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2020. "*Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*". Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2012)*". Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung (SNI 1726:2019)*". Jakarta: BSN.
- American Concrete Institute. 2017. "*Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP System for Strengthening Concrete Structures (ACI 440. 2R-17)*". Detroit: ACI
- Tavio; dan Wijaya U.; 2018. "*Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja*". Yogyakarta: Andi.
- Harianti, E.; dan Pamungkas A.; 2018. "*Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*". Yogyakarta: Andi.
- Hendrik F.; dan Imran I.; 2016. "*Perencanaan Lnjut Struktur Beton Bertulang*". Bandung: ITB Press

LAMPIRAN

FIG DRILLING LOG

Project No. J3115

Project Soil Investigation for AXIA 3
Project in Lippo Cikarang

Type of Drilling Wash Drilling

Hole Number BH-9 (PAGE 1 of 2)

Date 27 January - 1 February 2019

Water Table GL-3.60 m.

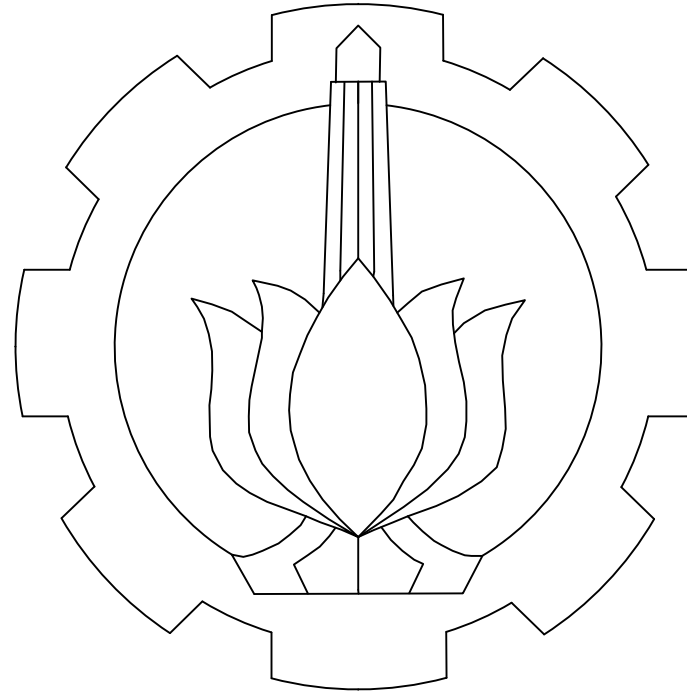
Elevation FL+1.200 m.

Driller Parman (Tata)

Remarks
P : Standard Penetration Test
UDS : Open Drive Undisturbed Soil
MZR : Mazier Triple Tube Soil Sampling

Scale in m	Elevation in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	Sampling		Standard Penetration Test								
									Depth in m	Sample No.	N-Value Blows/30cm	Blows Per Each 10 cm			N - Value				
												10cm	10cm	10cm	10	20	30	40	50
1					Silty Clay	Brown	Medium Stiff	Mottled with gray.	0.65	P-1	6	1	2	3					
2									0.95										
3	-2.30	3.50	3.50						2.15	P-2	8	2	3	3					
4					Silty Clay	Brown	Stiff to Very Stiff	Mottled with gray.	2.45										
5									3.65	P-3	20	5	6	9					
6									3.95										
7									5.15	P-4	15	4	5	6					
8									5.45										
9									6.65	P-5	13	4	4	5					
10									6.95										
11									8.00										
12									9.00	UDS-3AB									
13									9.65										
14									9.95	P-6	14	4	5	5					
15									11.15	P-7	14	4	4	6					
16									12.65	P-8	18	5	6	7					
17	-15.80	17.00	13.50						12.95										
18					Clayey Silt	Brownish Gray	Hard	With a lot of fine to coarse sand and fine gravels. With a few of black organic matters at GL-18.00m.	14.15	P-9	15	4	5	6					
19							Very Stiff		14.45										
20	-18.80	20.00	3.00						15.65	P-10	17	5	6	6					
21					Silty Clay	Greenish Gray	Stiff to Very Stiff	Laminated with fine sand at GL-42.50m to GL-46.00m.	15.95										
22									17.15	P-11	50/17	22	28/7						
23									17.32										
24									18.65	P-12	16	5	5	6					
25									18.95										
26									20.00										
27									21.00	MZR-1									
28									21.15										
29									21.45	P-13	21	6	7	8					
30									22.65	P-14	18	5	6	7					
31	-45.80	47.00	27.00						22.95										
									23.00										
									24.00	MZR-2									
									24.15										
									24.45	P-15	14	4	4	6					
									25.65	P-16	17	5	6	6					
									25.95										
									27.15	P-17	15	4	5	6					
									27.45										
									28.00										
									29.00	MZR-3									
									29.15										
									29.45	P-18	15	5	5	5					
									30.65	P-19	18	6	6	6					
									30.95										

Prepared By : Tata PT. PONDASI KISOCON RAYA Checked By : Devi Approved By : YP.Chandra



PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG HOTEL 13 LANTAI CIKARANG
AKIBAT PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI 1726-2019

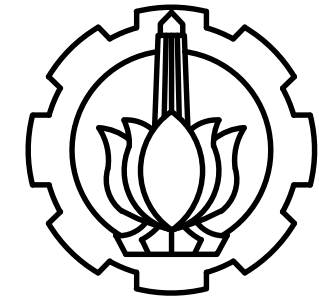
Disusun oleh:
Rheza Eka Firmansyah
2035201051

Dosen Pembimbing :
R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2022

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH KOLOM STRUKRTUR LANTAI 1	1
DENAH KOLOM STRUKRTUR LANTAI 2	2
DENAH KOLOM STRUKRTUR LANTAI 3	3
DENAH KOLOM STRUKRTUR LANTAI 4-13	4
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 1	5
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 2	6
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 3	7
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI 4-13	8
DENAH PELAT DAN BALOK LANTAI ATAP	9
DENAH PERKUATAN LENTUR PELAT LANTAI 3	10
PERKUATAN LENTUR PELAT F119, F120, F121, F123	11
PERKUATAN LENTUR PELAT F69, F70, F72, F73	12
PERKUATAN LENTUR PELAT F76	13
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 2	14
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 2	15
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 3	16
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 3	17
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 4 & LANTAI 5	18
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 4 & LANTAI 5	19
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 6 & LANTAI 7	20
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 6 & LANTAI 7	21
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 8 & LANTAI 9	22
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 4 & LANTAI 5	23



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

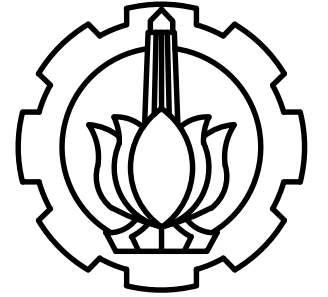
DAFTAR GAMBAR

SKALA	NOMOR GAMBAR

KETERANGAN

DAFTAR GAMBAR

NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 10	24
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 10	25
DENAH PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 11	26
PERKUATAN GESER BALOK LANTAI 11	27



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

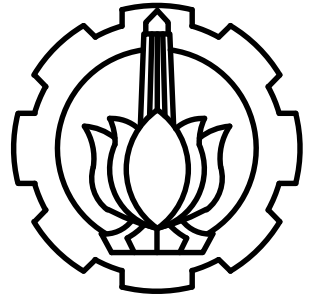
NAMA GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

KETERANGAN



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM
 STRUKTUR LT. 1

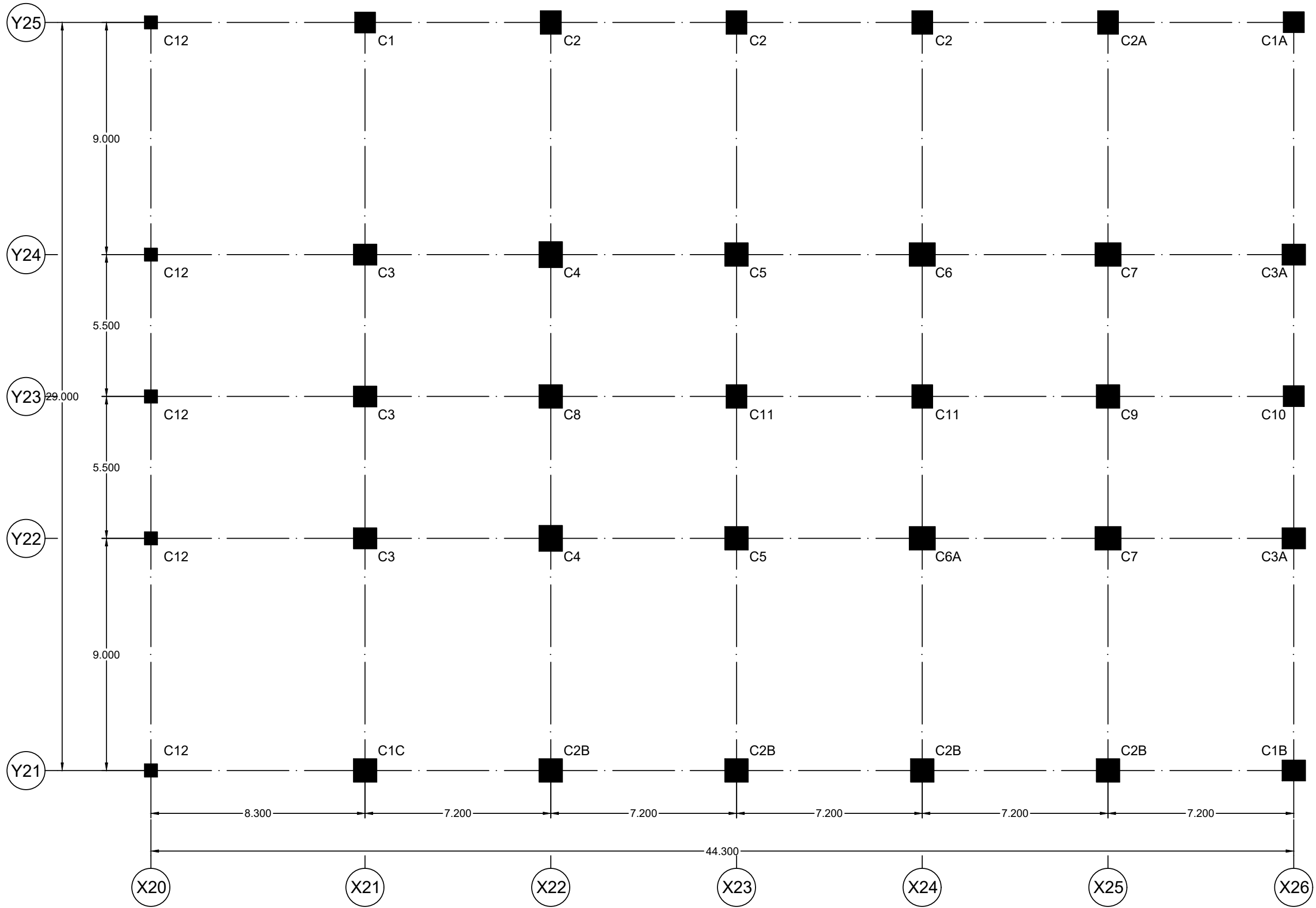
SKALA

NOMOR
 GAMBAR

1

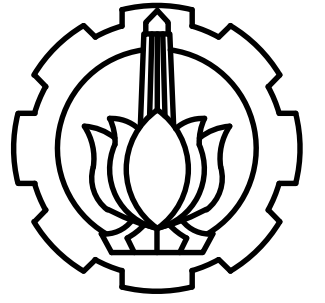
KETERANGAN

C1 = 800 x 800	C5 = 900 x 900
C1A = 800 x 800	C6 = 1000 x 900
C1B = 900 x 800	C6A = 1000 x 900
C1C = 900 x 900	C7 = 1000 x 900
C2 = 800 x 900	C8 = 900 x 900
C2A = 800 x 900	C9 = 900 x 900
C2B = 900 x 900	C10 = 800 x 800
C3 = 900 x 800	C11 = 800 x 900
C3A = 900 x 800	C12 = 500 x 500
C4 = 900 x 1000	



DENAH KOLOM STRUKTUR LT. 1

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM
 STRUKTUR LT. 2

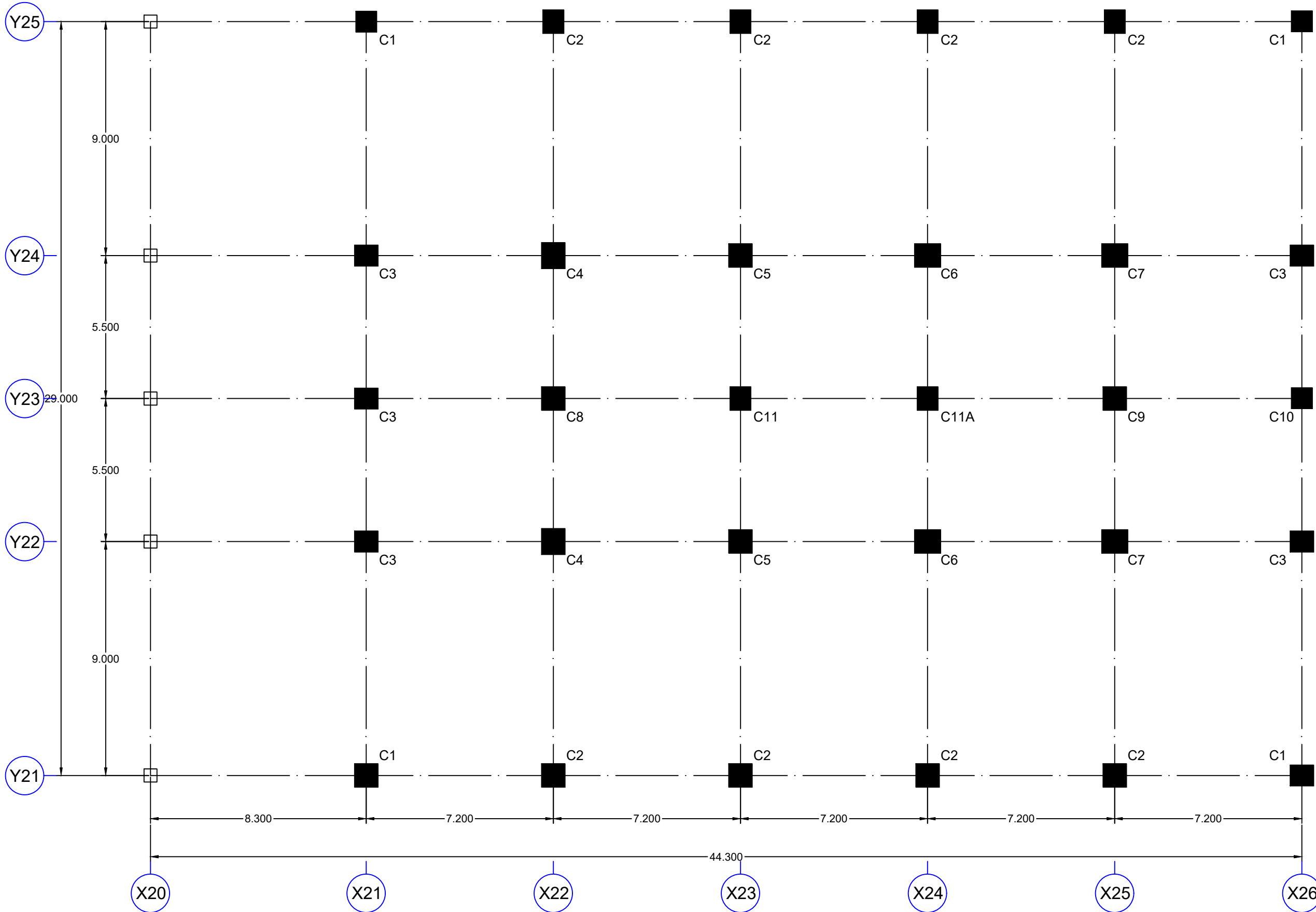
SKALA

NOMOR
 GAMBAR

2

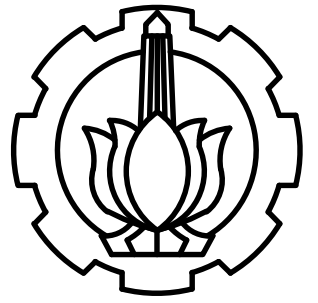
KETERANGAN

- | | |
|-----------------|------------------|
| C1 = 800 x 800 | C11A = 800 x 900 |
| C2 = 800 x 900 | |
| C3 = 900 x 800 | |
| C4 = 900 x 1000 | |
| C5 = 900 x 900 | |
| C6 = 1000 x 900 | |
| C7 = 1000 x 900 | |
| C8 = 900 x 900 | |
| C9 = 900 x 900 | |
| C10 = 800 x 800 | |



DENAH KOLOM STRUKTUR LT. 2

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

DENAH KOLOM
 STRUKTUR LT. 3

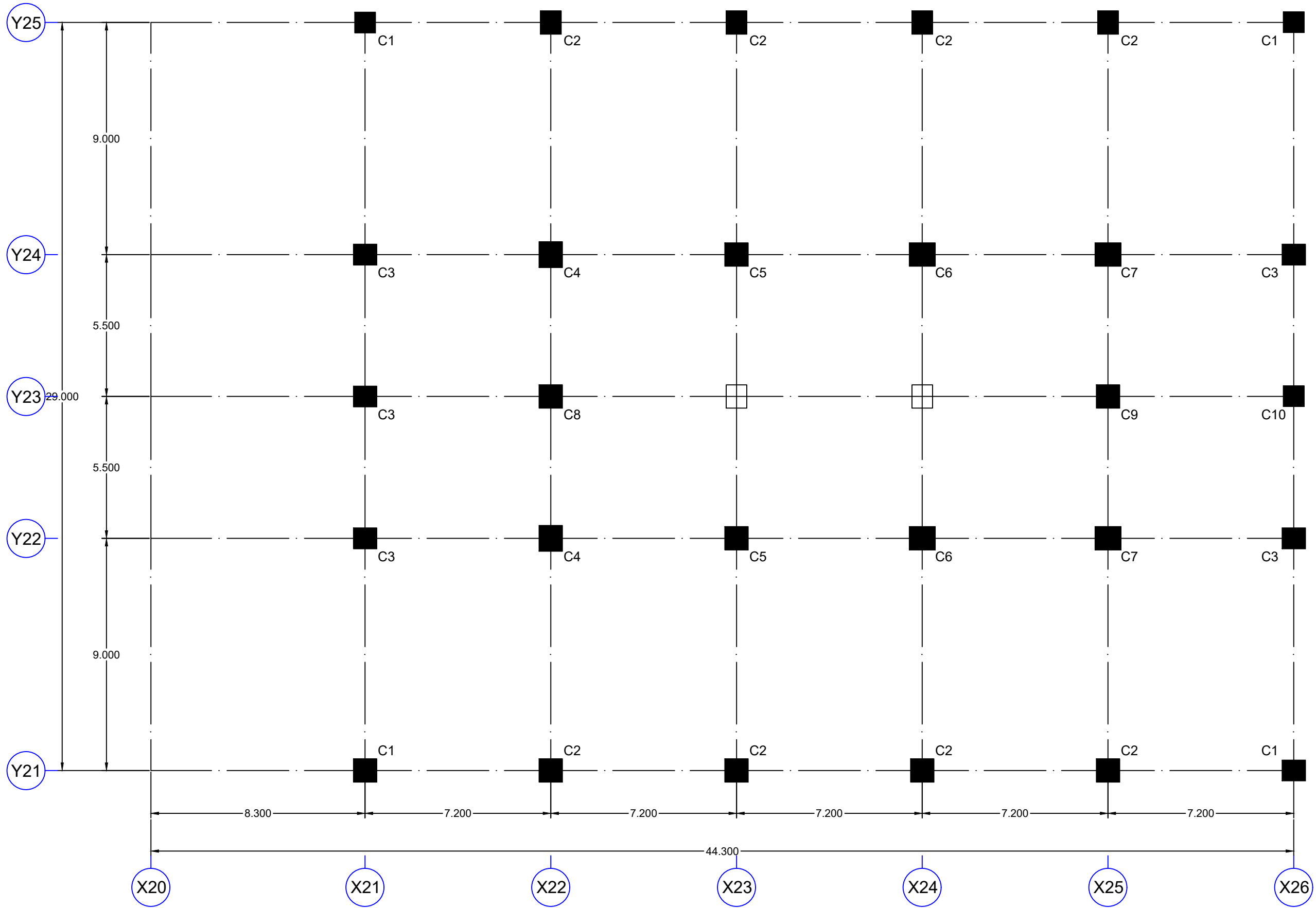
SKALA

NOMOR
 GAMBAR

3

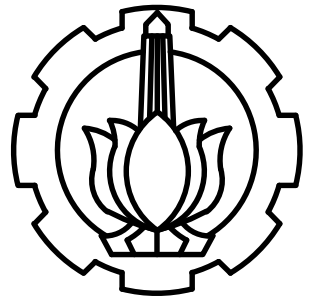
KETERANGAN

- C1 = 800 x 800
- C2 = 800 x 900
- C3 = 800 x 800
- C4 = 900 x 1000
- C5 = 900 x 900
- C6 = 1000 x 900
- C7 = 1000 x 900
- C8 = 900 x 900
- C9 = 900 x 800
- C10 = 800 x 800



DENAH KOLOM STRUKTUR LT. 3

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

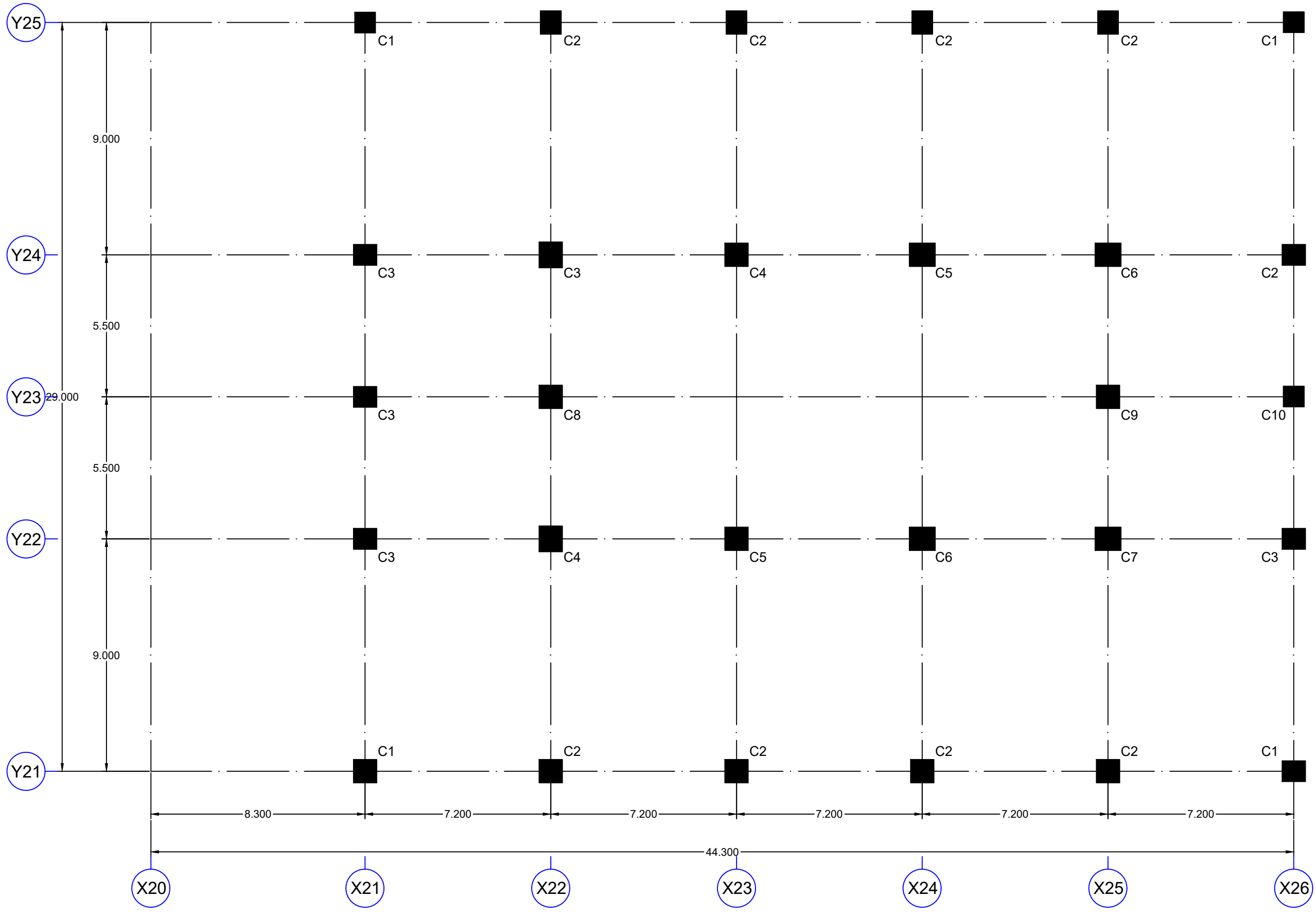
DENAH KOLOM
 STRUKTUR LT. 4-13

SKALA

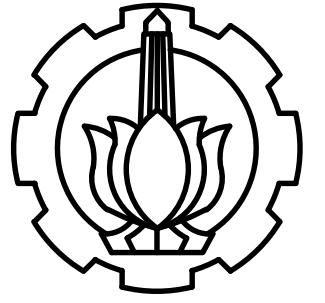
NOMOR
 GAMBAR

4

KETERANGAN



 DENAH KOLOM STRUKTUR LT. 4-13
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

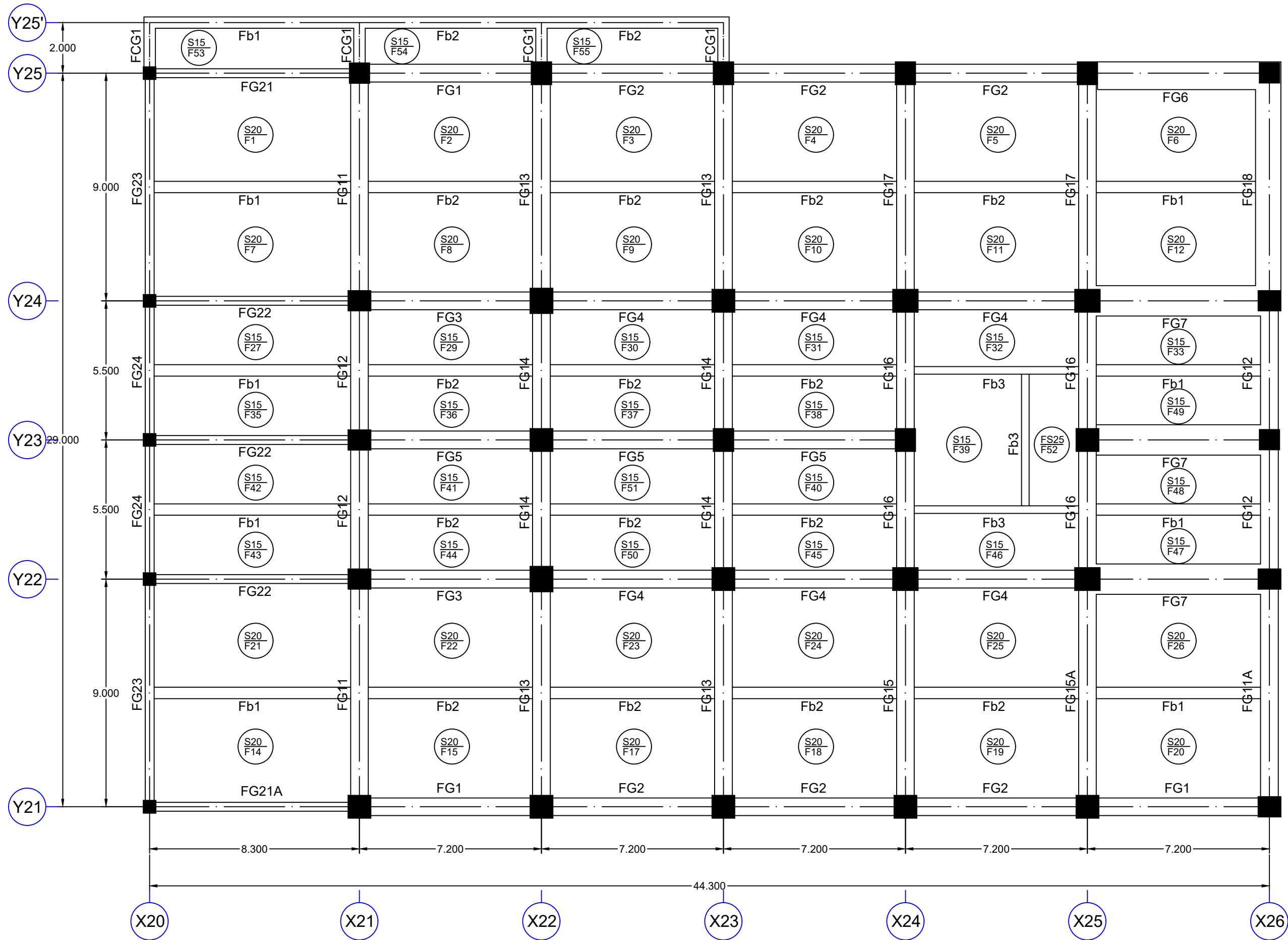
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 1

SKALA

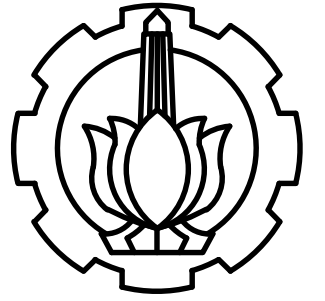
NOMOR
 GAMBAR

5

KETERANGAN



DENAH PELAT DAN BALOK LT. 1
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

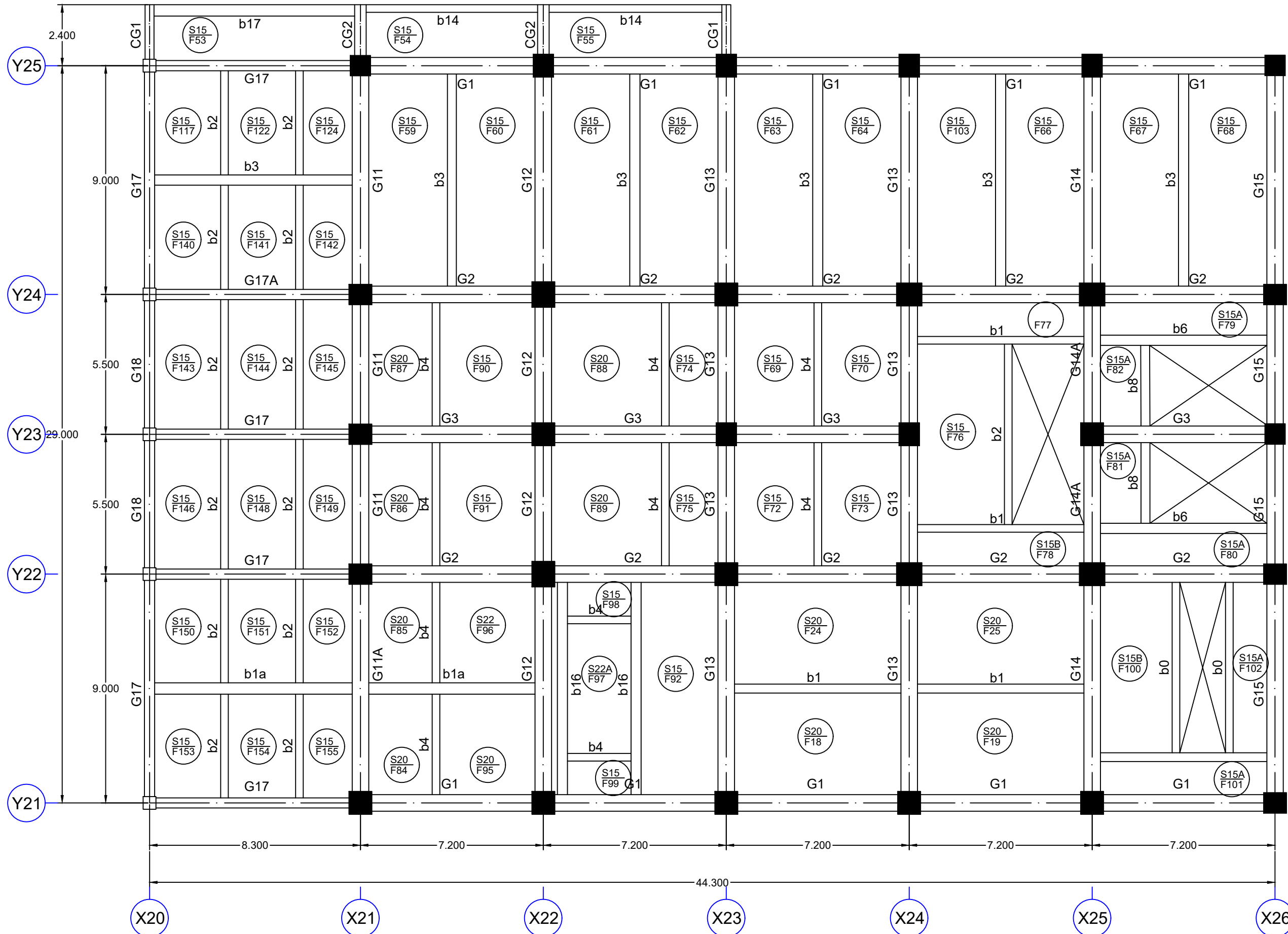
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 2

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

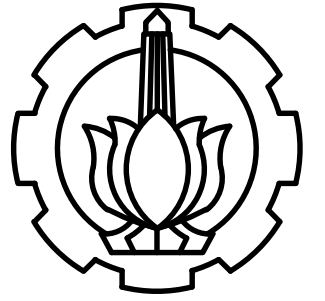
6

KETERANGAN



DENAH PELAT DAN BALOK LT. 2

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

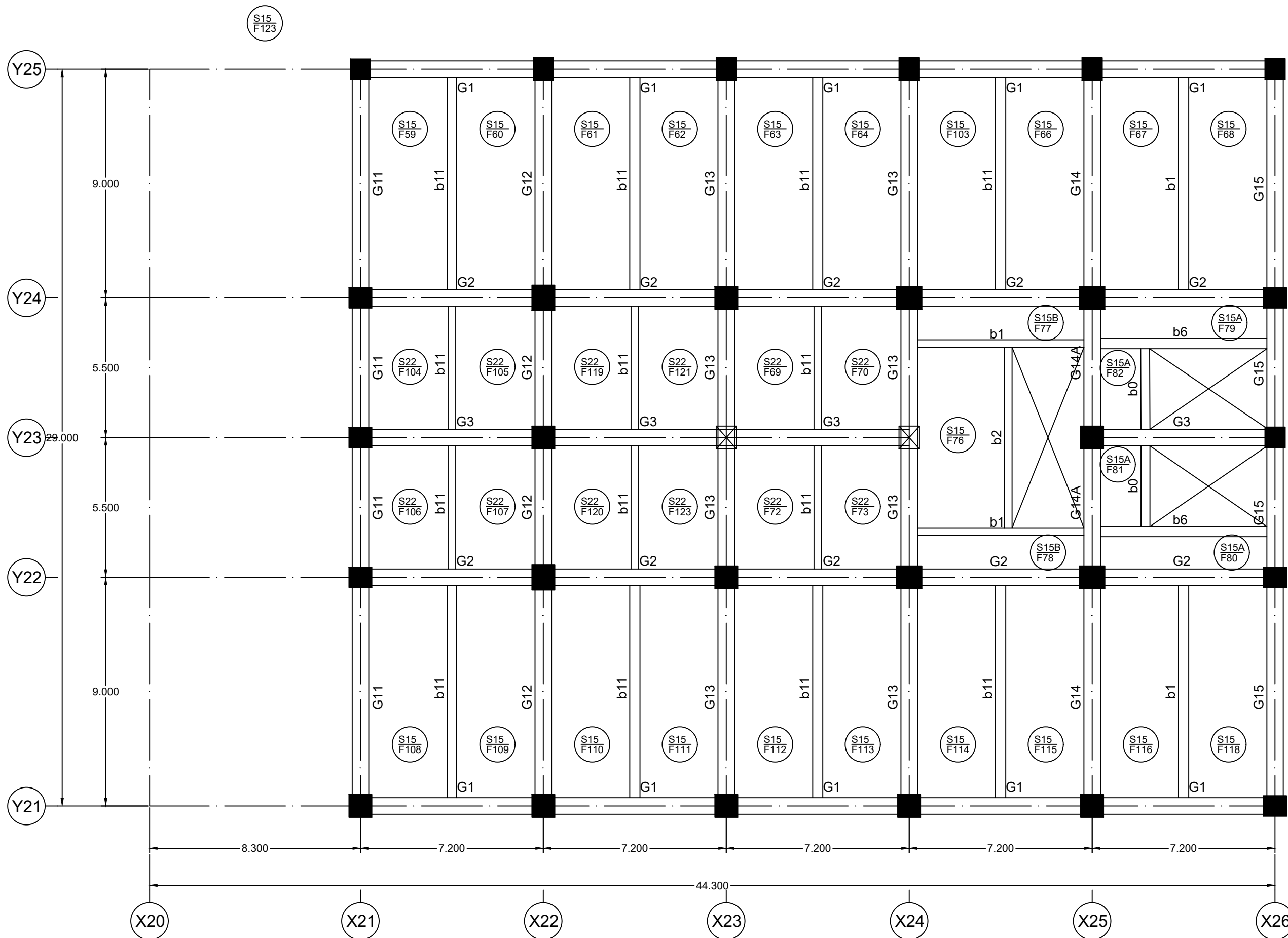
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 3

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

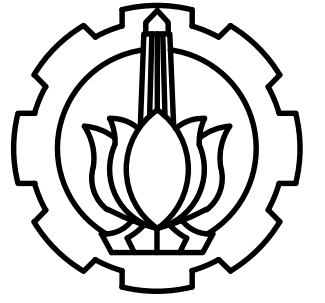
7

KETERANGAN



DENAH PELAT DAN BALOK LT. 3

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

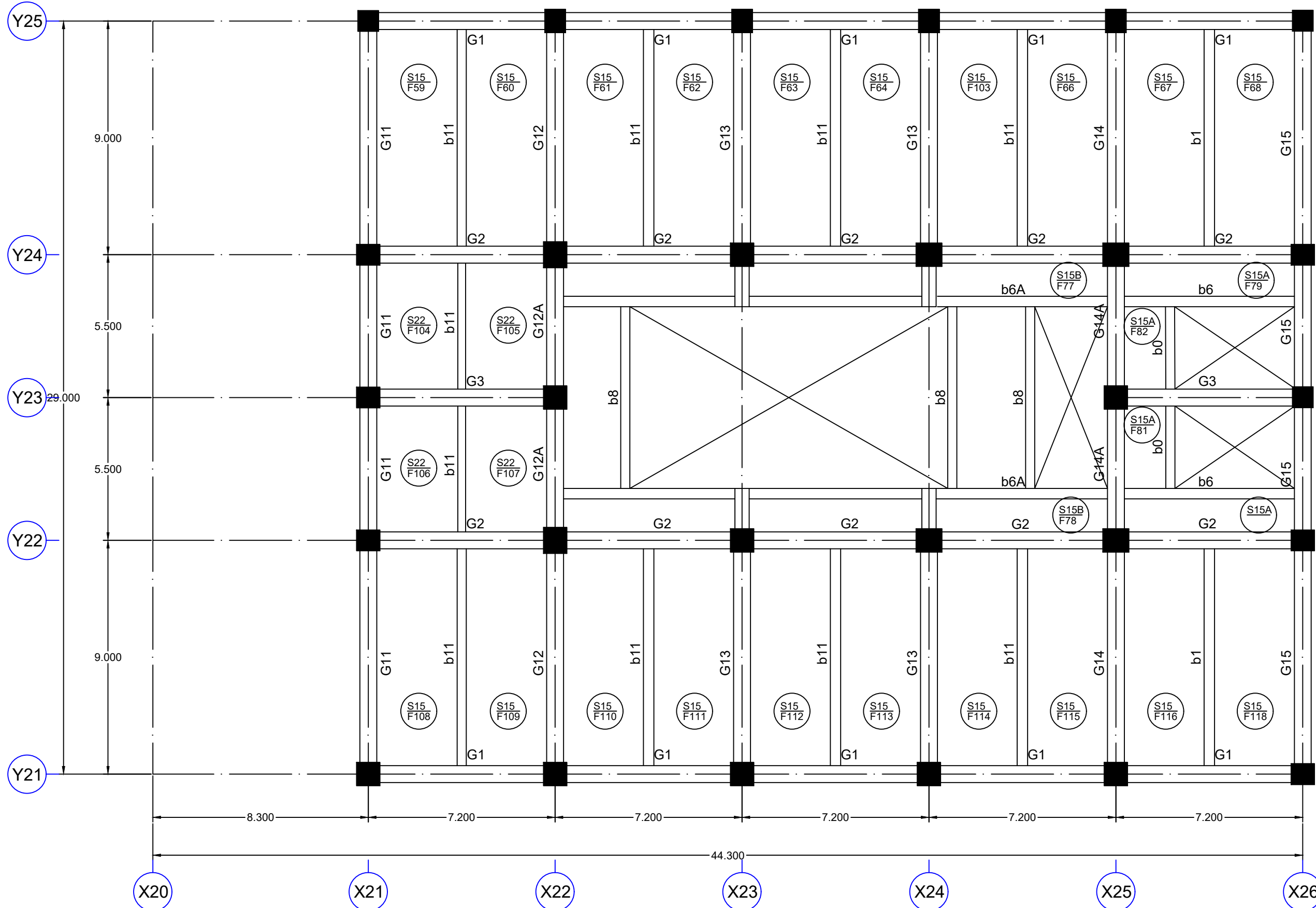
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 4-13

SKALA

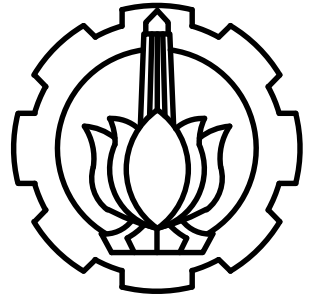
NOMOR
 GAMBAR

8

KETERANGAN



 DENAH PELAT DAN BALOK LT. 4-13
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

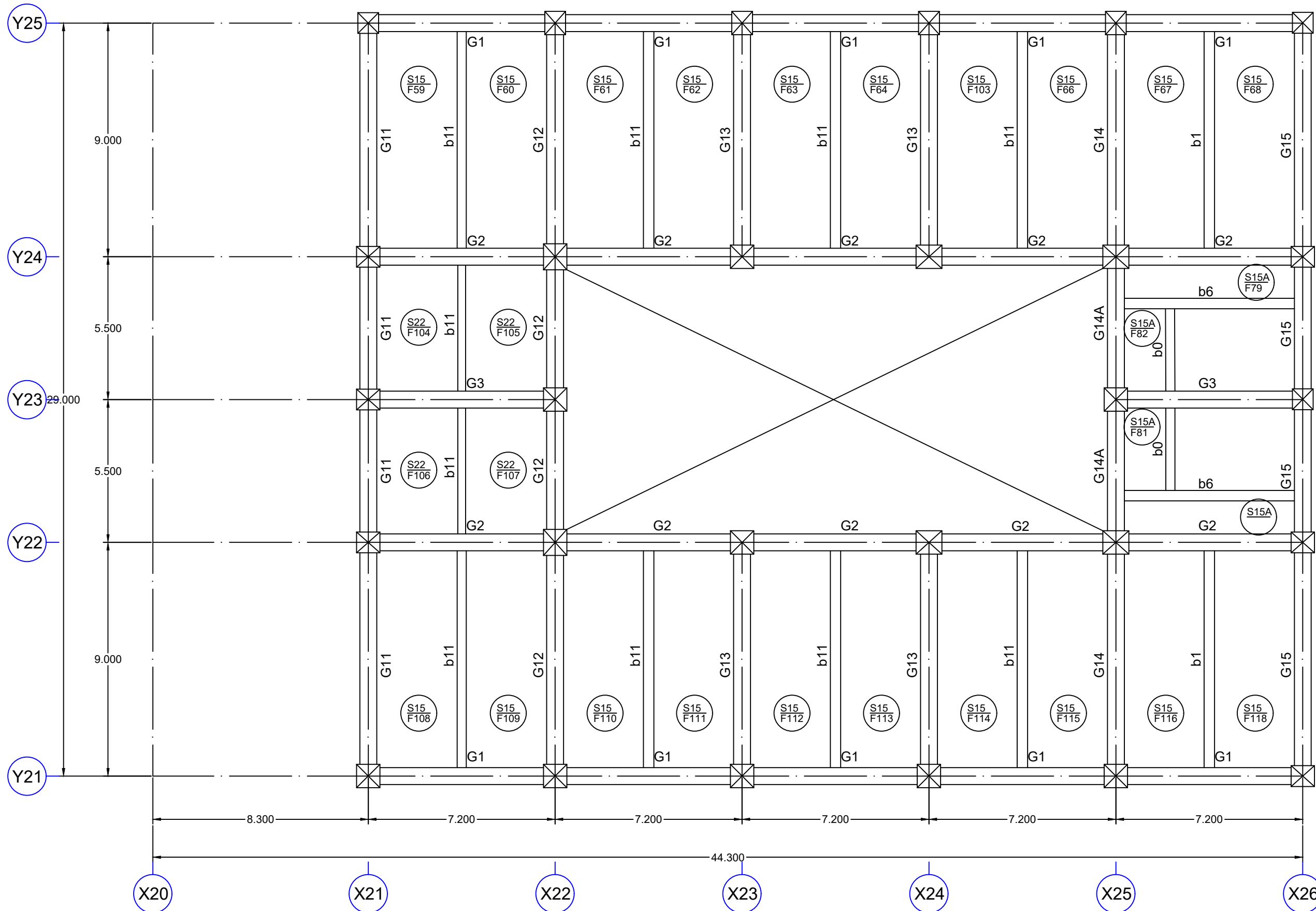
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. ATAP

SKALA

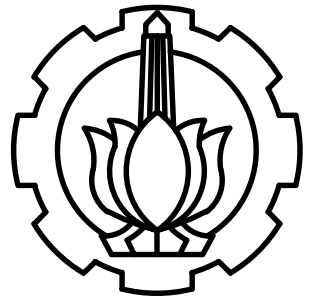
NOMOR
 GAMBAR

9

KETERANGAN



DENAH PELAT DAN BALOK LT. ATAP
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR


DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 3

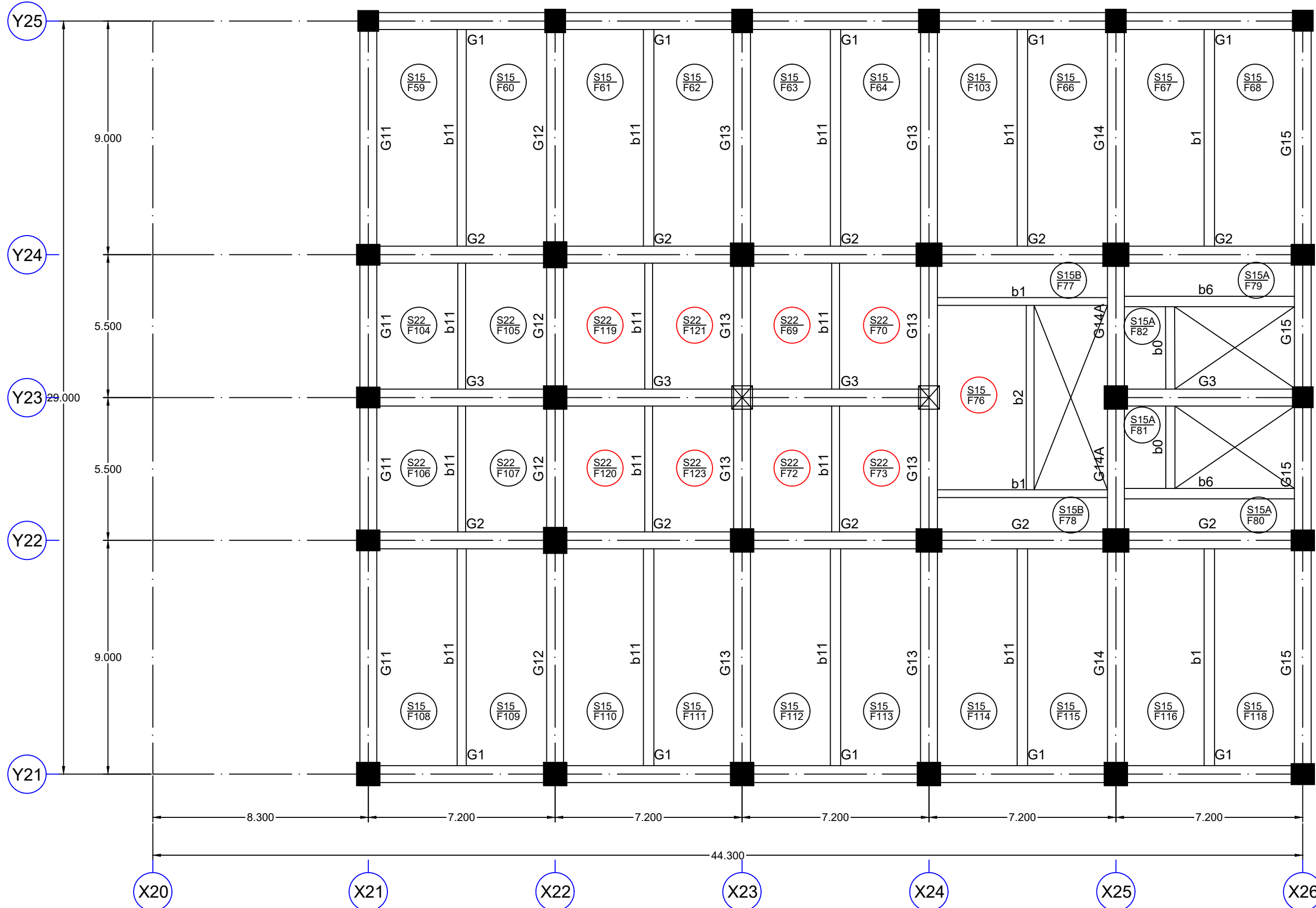
SKALA

NOMOR
 GAMBAR

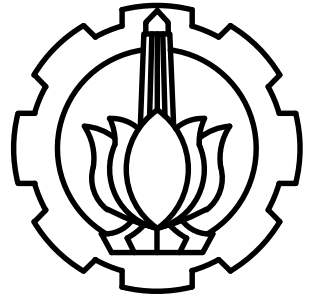
10

KETERANGAN

 = Elemen Pelat yang
 perlu perkuatan



 DENAH PERKUATAN LENTUR PELAT LT. 3
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

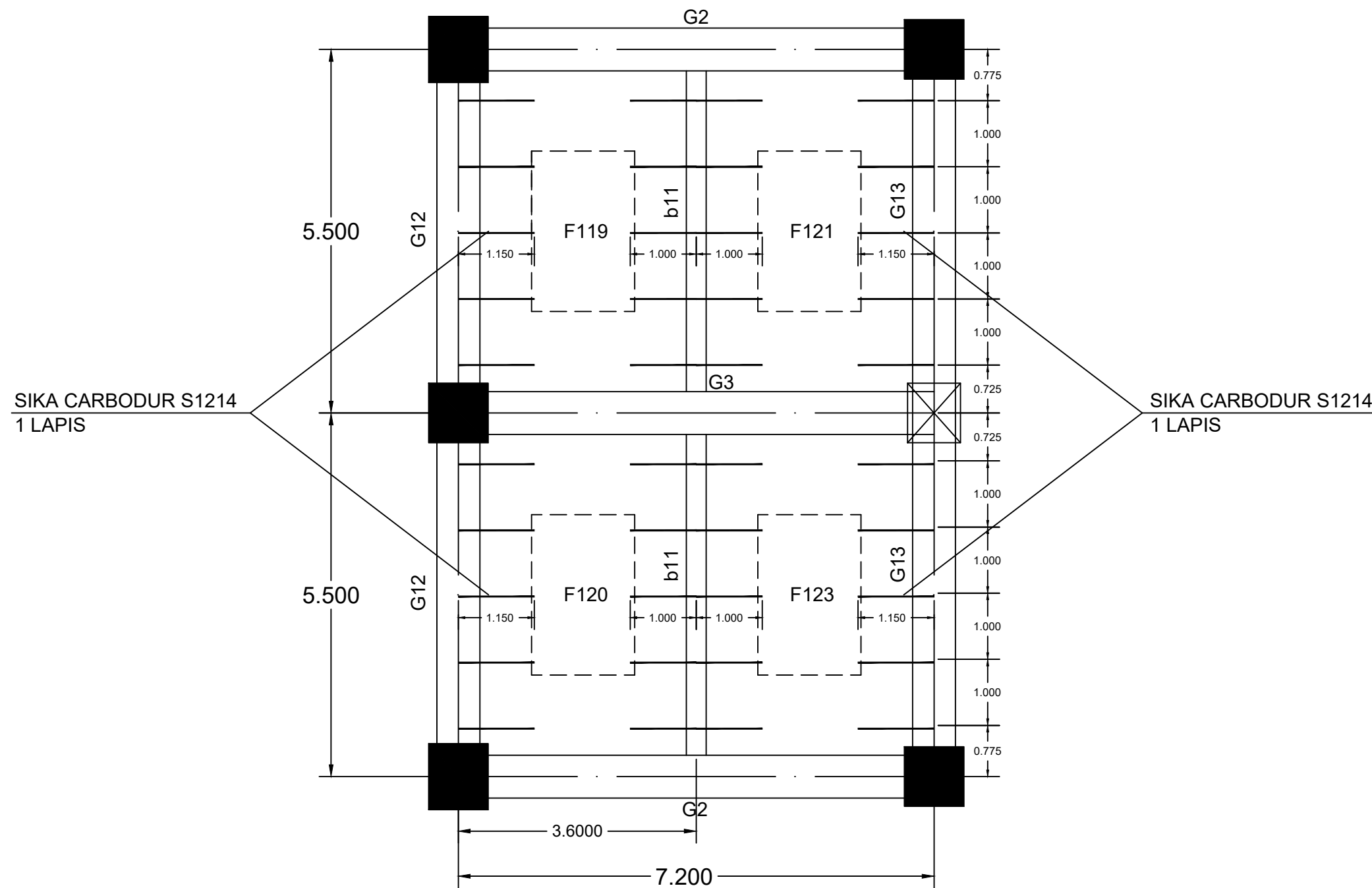
PERKUATAN LENTUR
 PELAT F119, F120, F121,
 F122

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

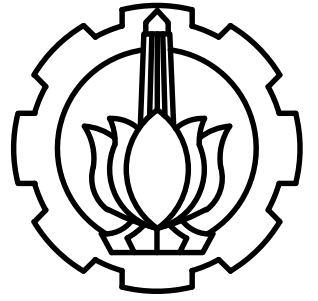
11

KETERANGAN



PERKUATAN LENTUR PELAT F119, F120, F121, F123

Skala 1 : 75



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

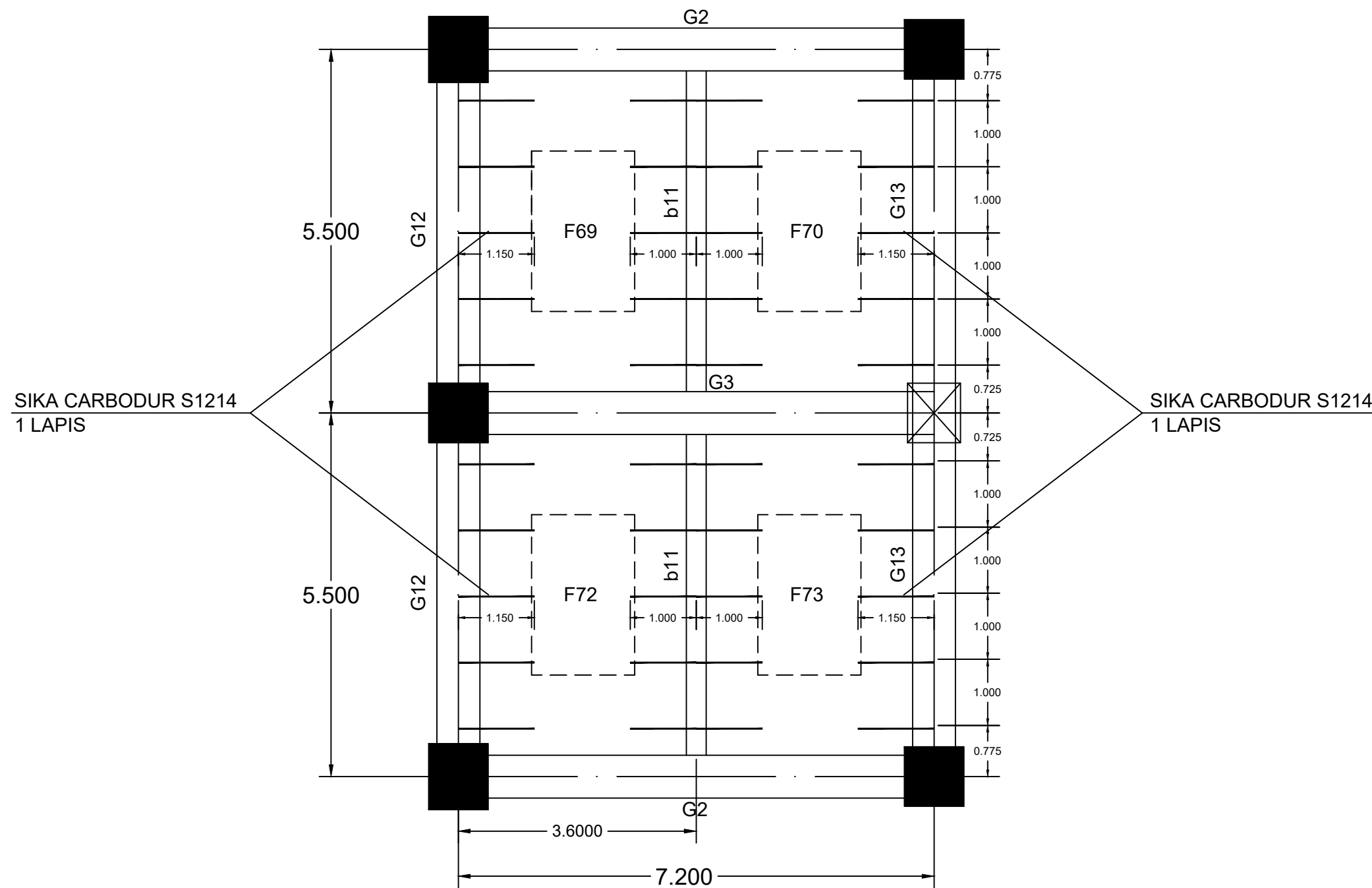
PERKUATAN LENTUR
 PELAT F69, F70, F72, F73

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

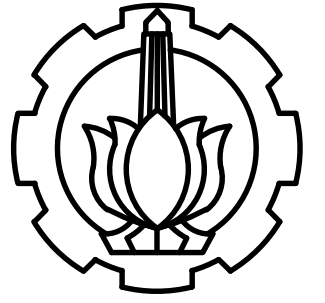
12

KETERANGAN



PERKUATAN LENTUR PELAT F69, F70, F72, F73

Skala 1 : 75



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

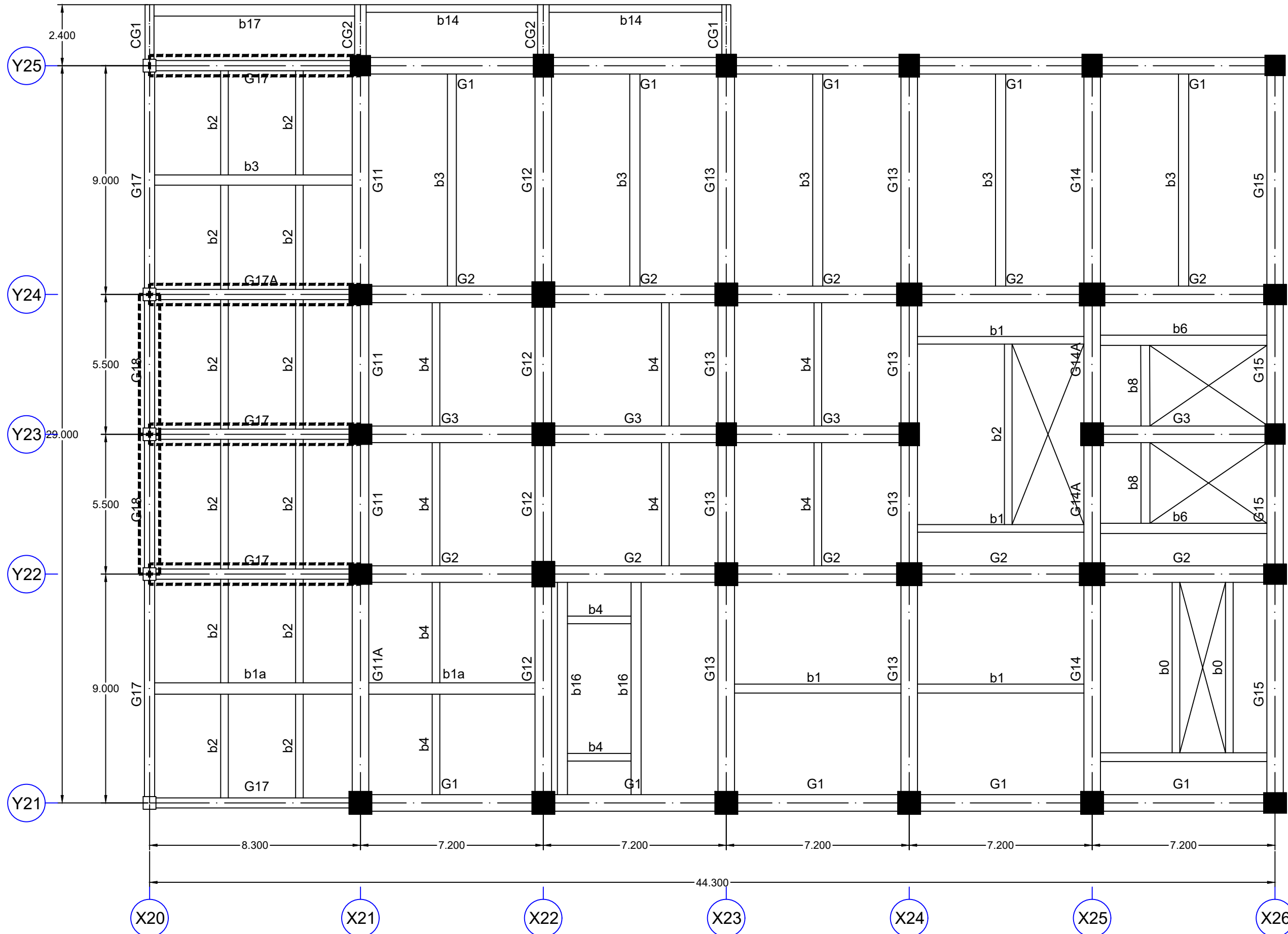
DENAH PELAT DAN
 BALOK LT. 2

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

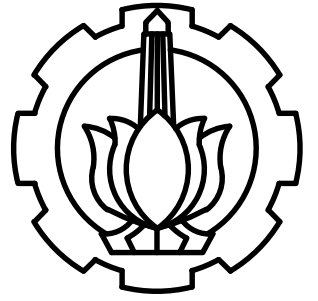
14

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 2

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

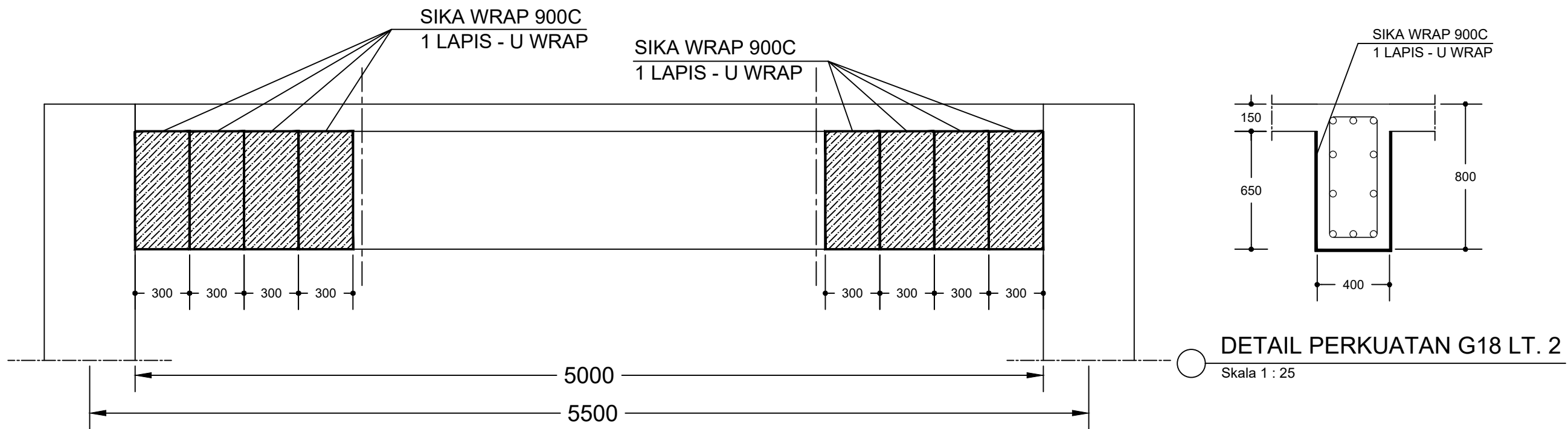
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 2

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

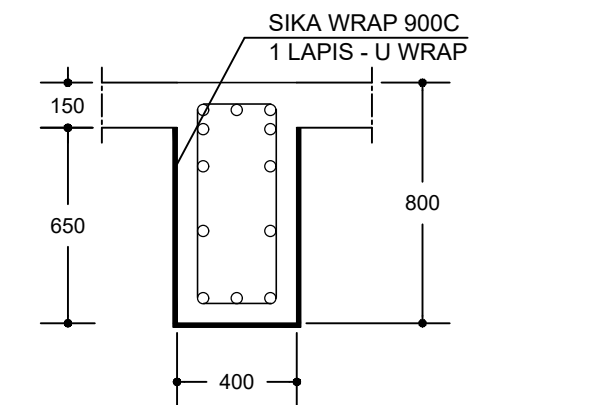
15

KETERANGAN



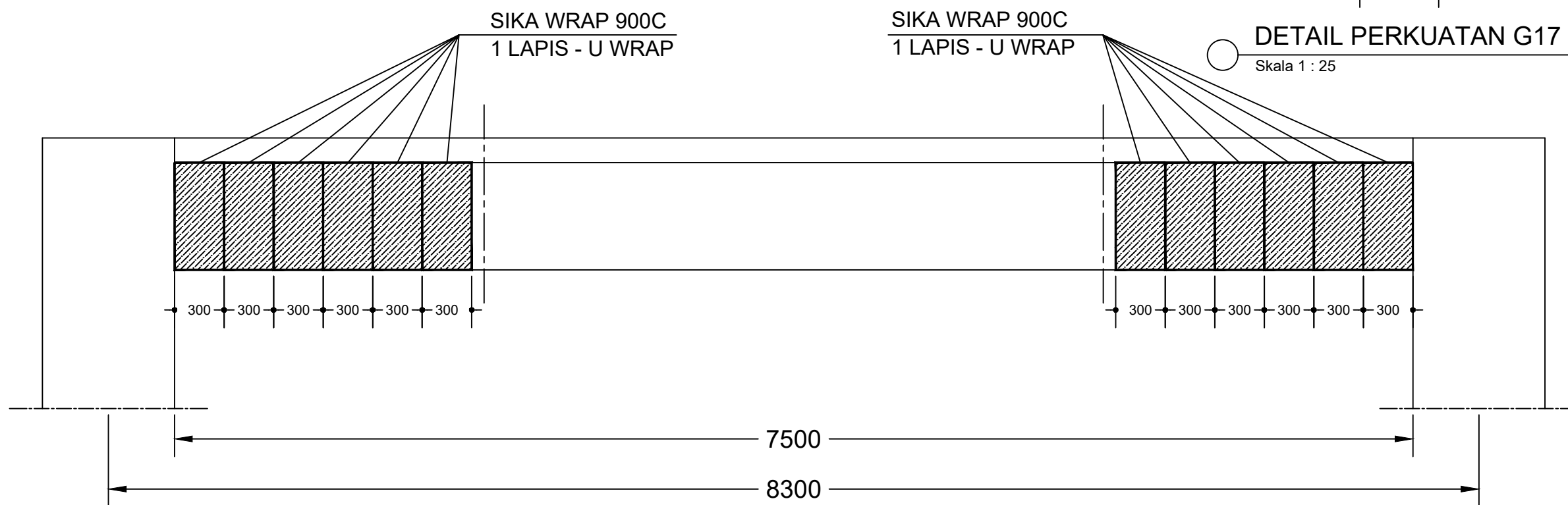
PERKUATAN GESER BALOK G18 LT. 2

Skala 1 : 25



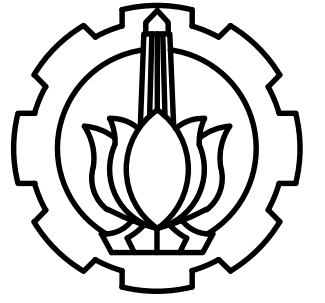
DETAIL PERKUATAN G17 LT. 2

Skala 1 : 25



PERKUATAN GESER BALOK G17 LT. 2

Skala 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

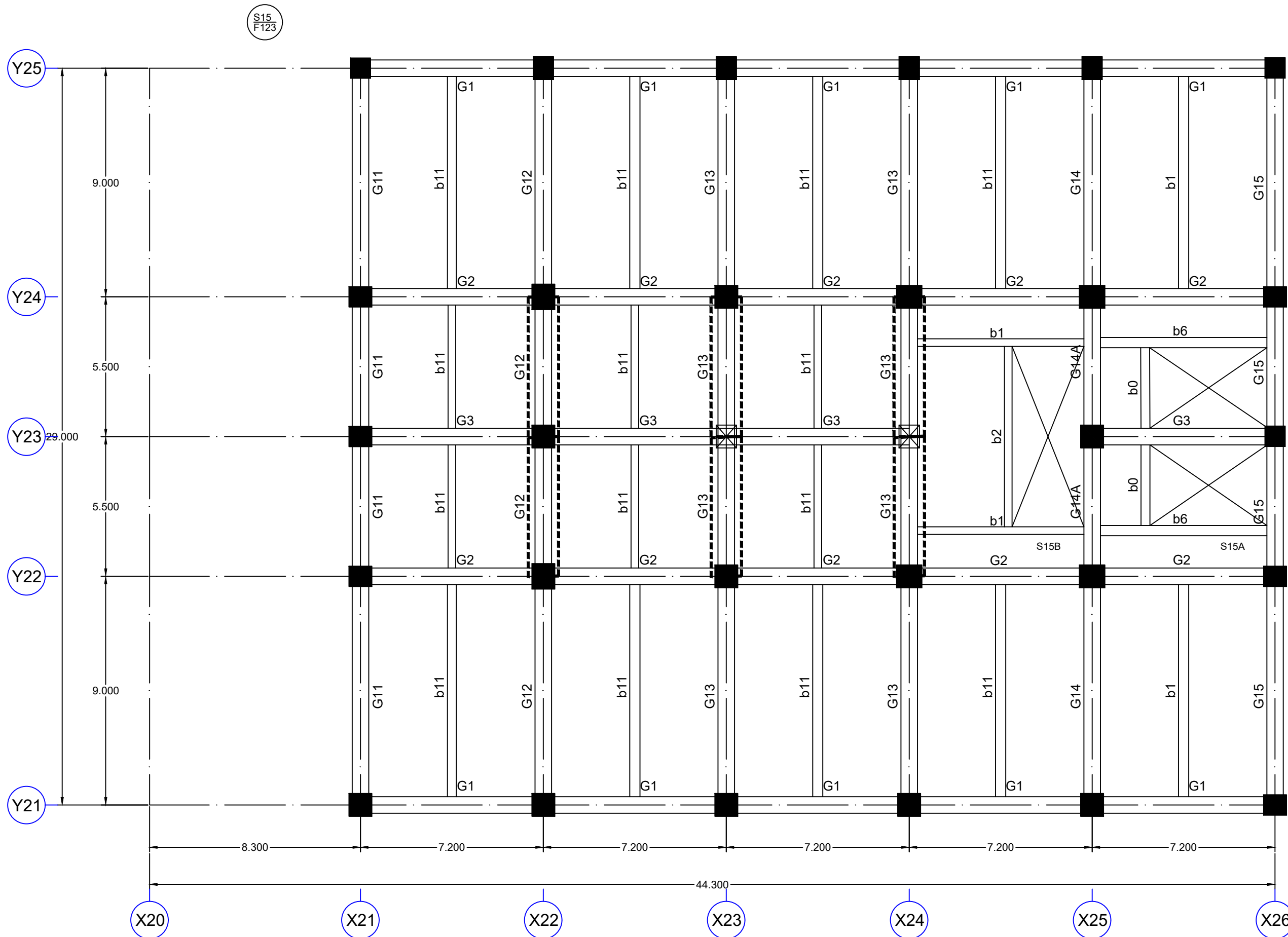
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK LT. 3

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

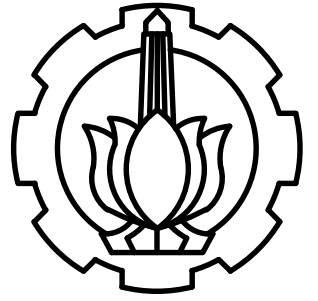
16

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 3

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

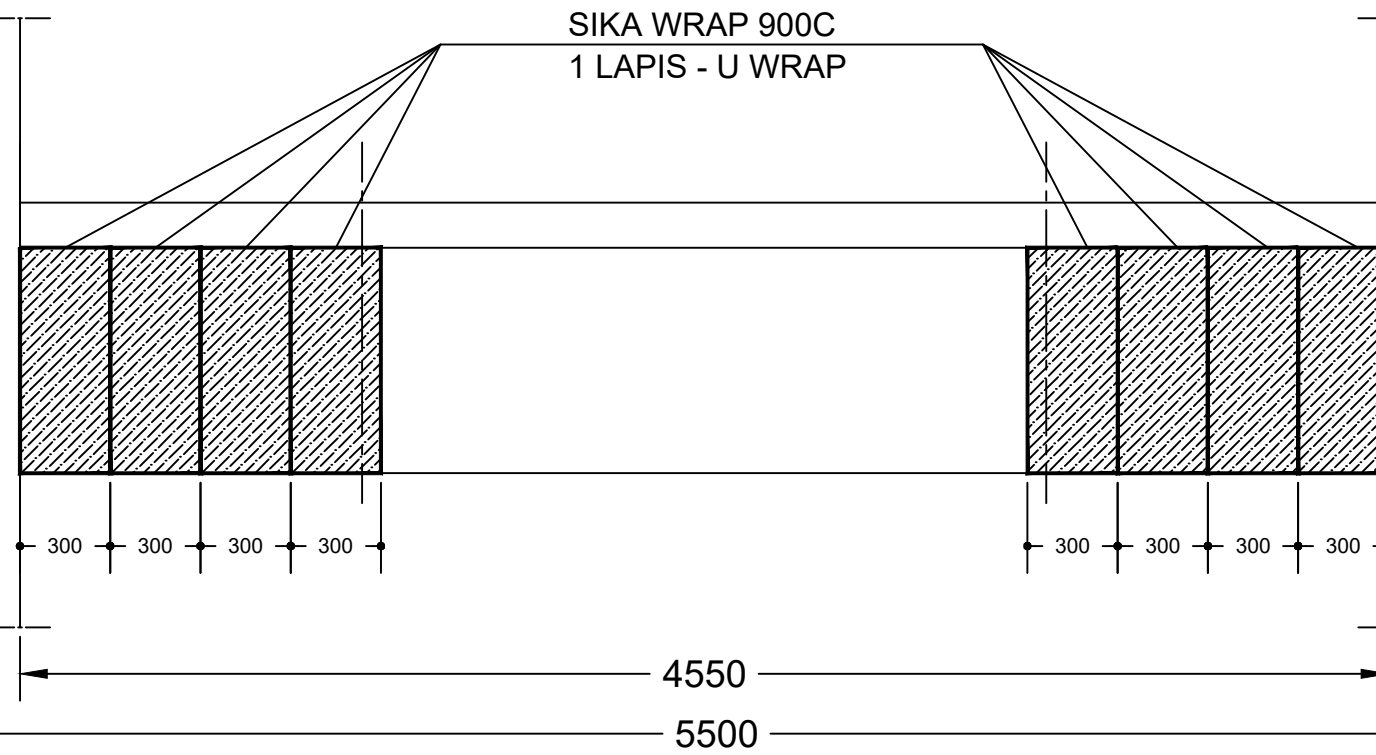
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 3

SKALA

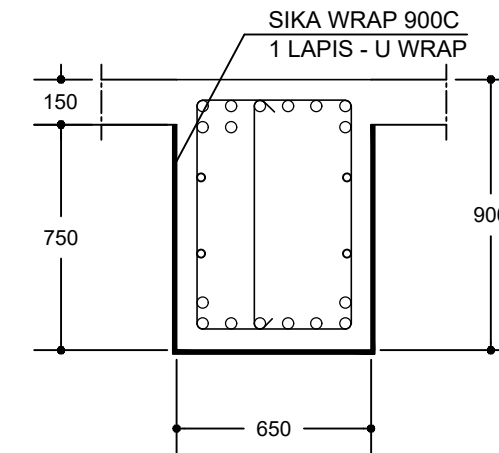
NOMOR
 GAMBAR

17

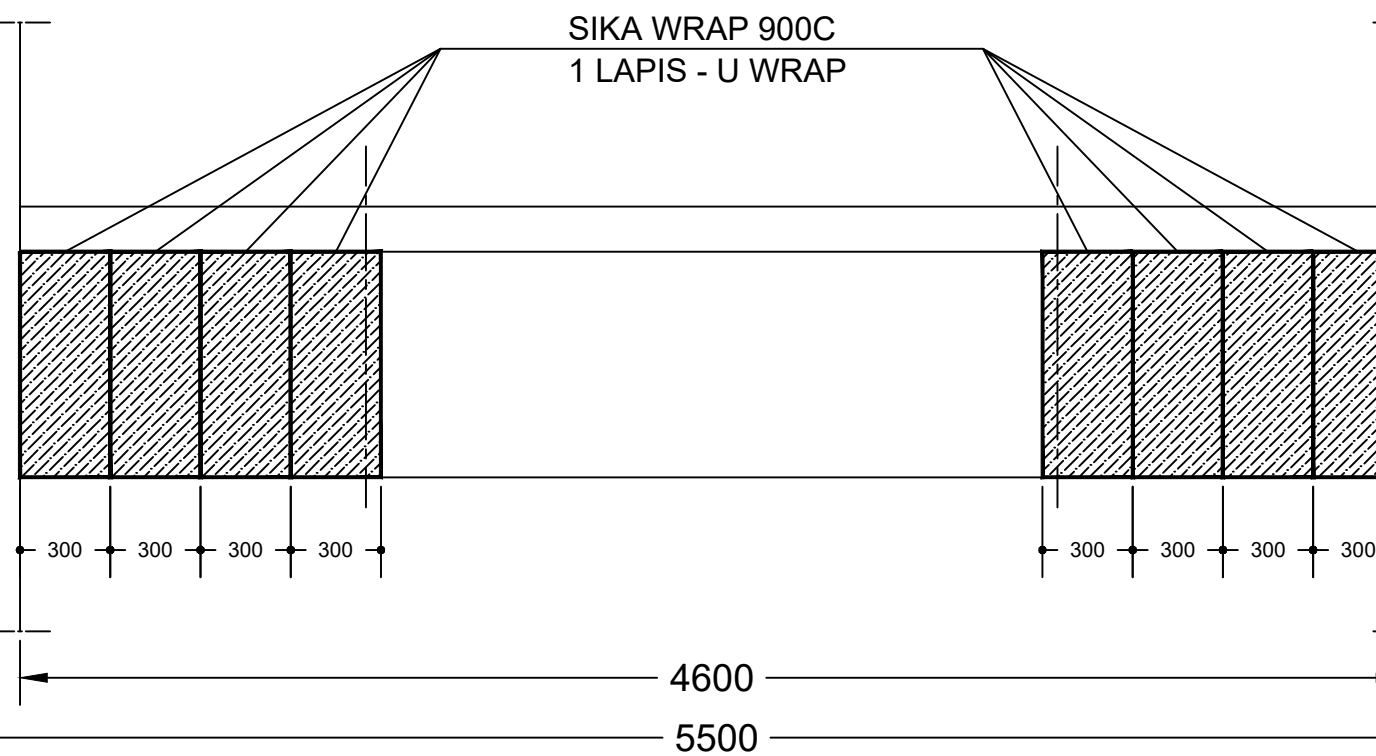
KETERANGAN



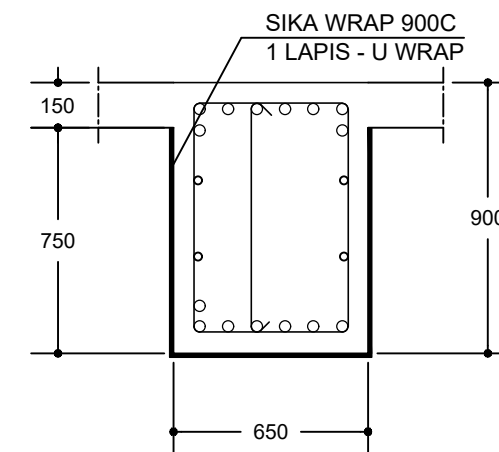
PERKUATAN GESER BALOK G12 LT. 3
 Skala 1 : 25



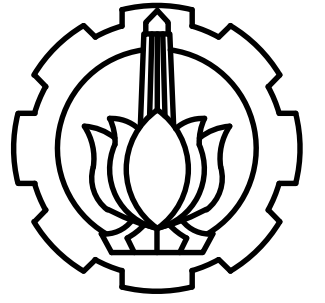
DETAIL PERKUATAN G12 LT. 3
 Skala 1 : 25



PERKUATAN GESER BALOK G13 LT. 3
 Skala 1 : 25



DETAIL PERKUATAN G13 LT. 3
 Skala 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

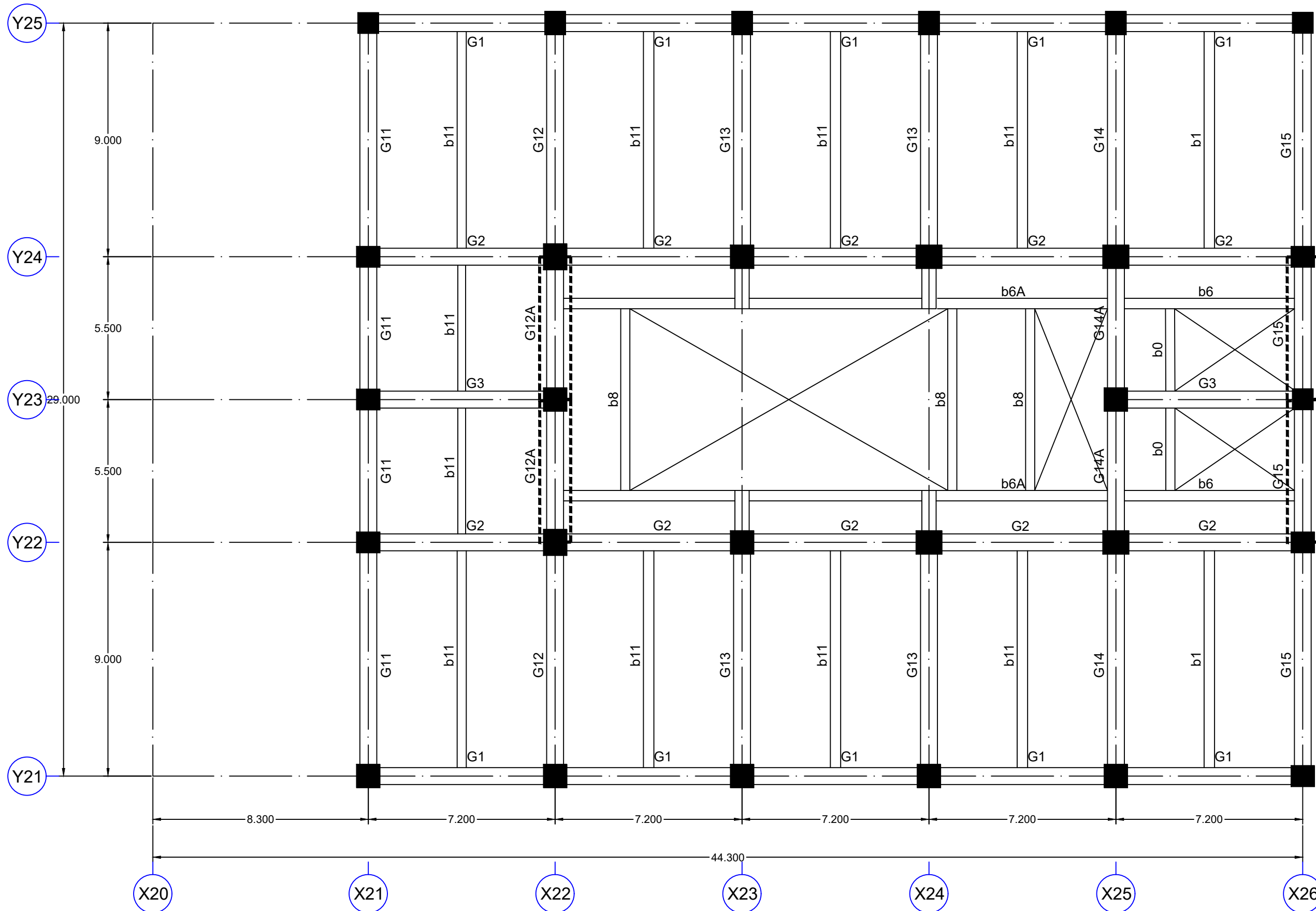
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK BALOK
 LT. 4 & LT. 5

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

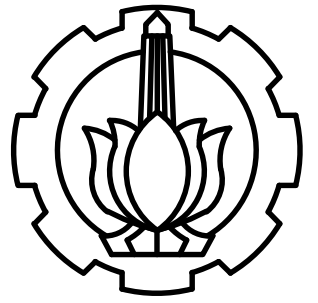
18

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 4 & LT. 5

Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

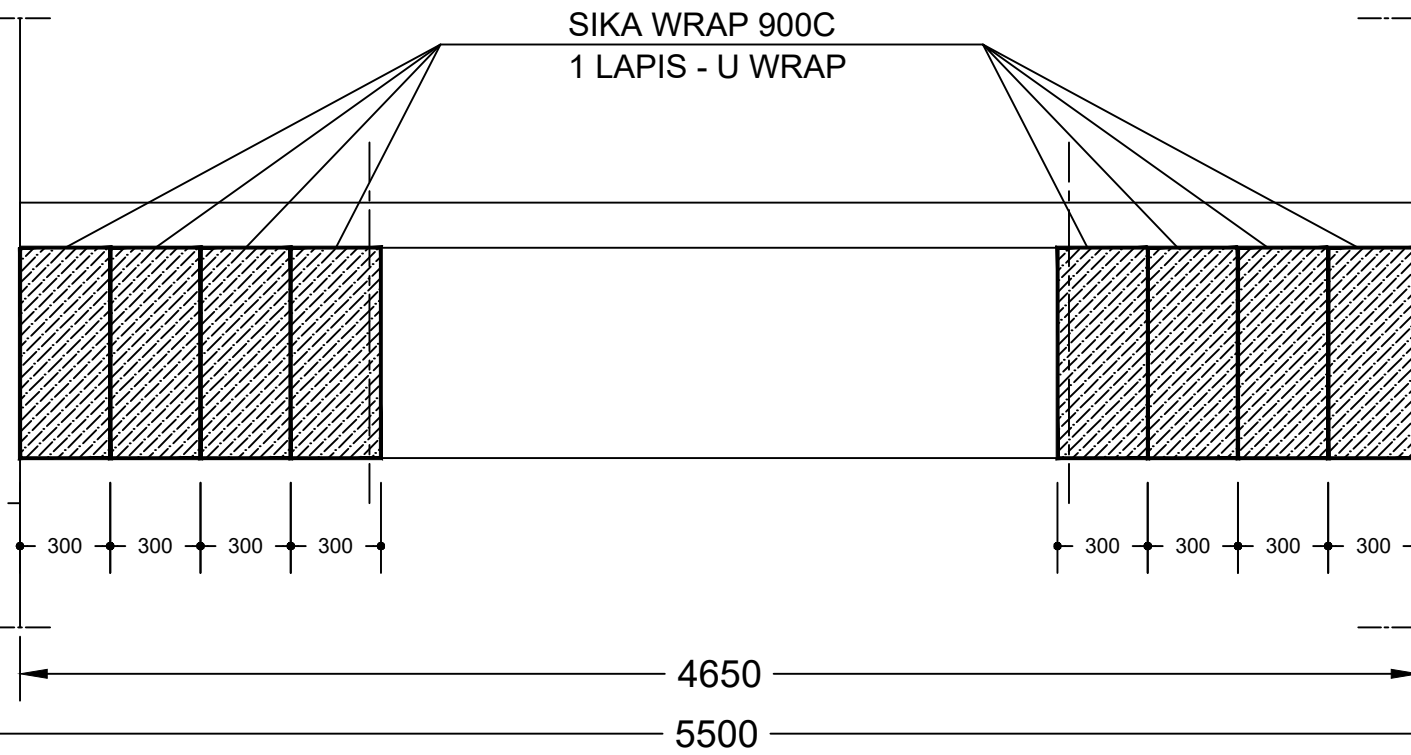
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 4 & LT.5

SKALA

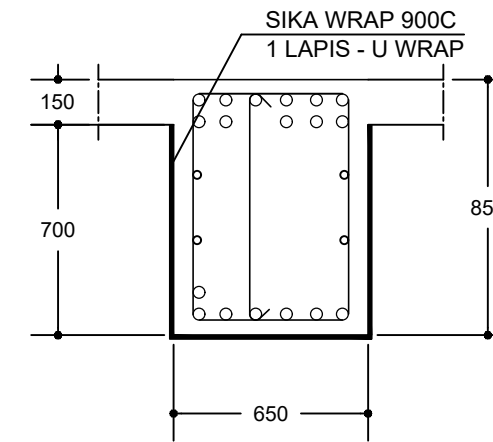
NOMOR
 GAMBAR

19

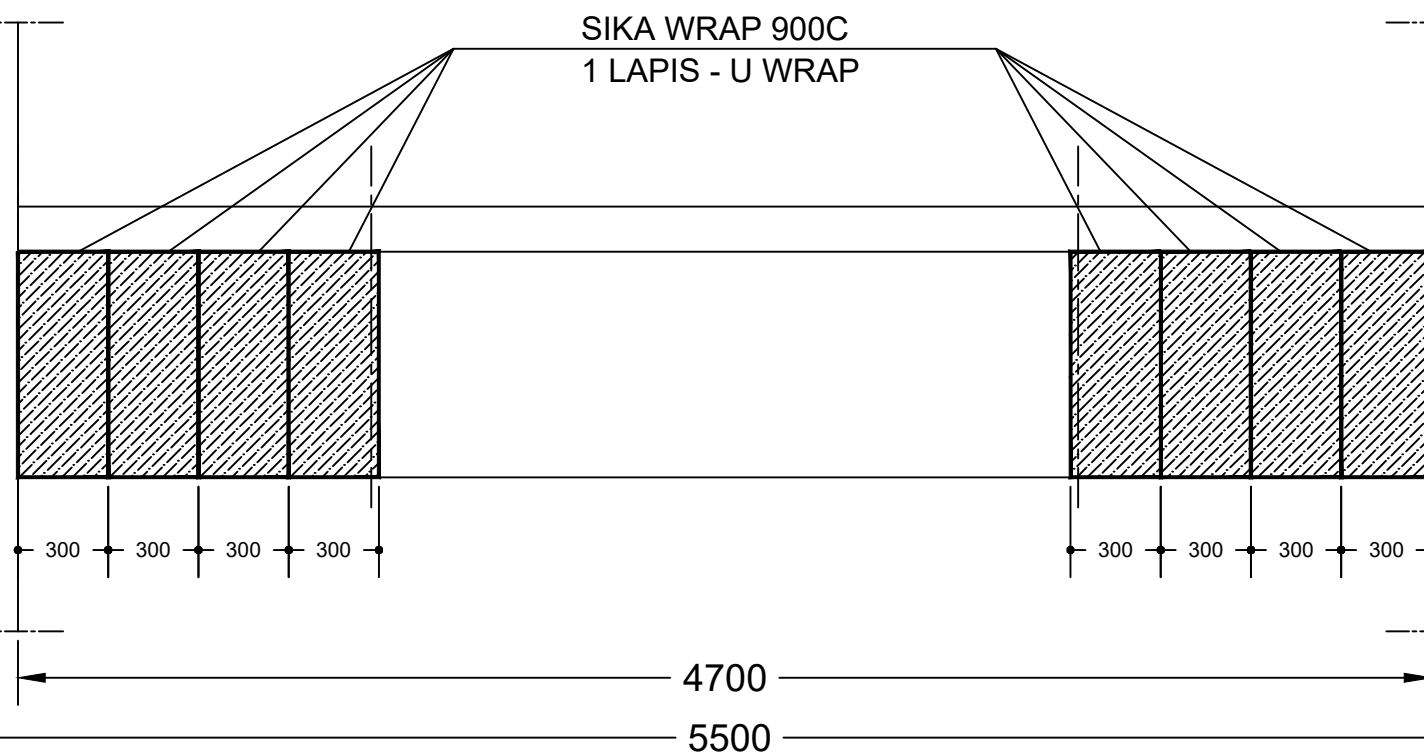
KETERANGAN



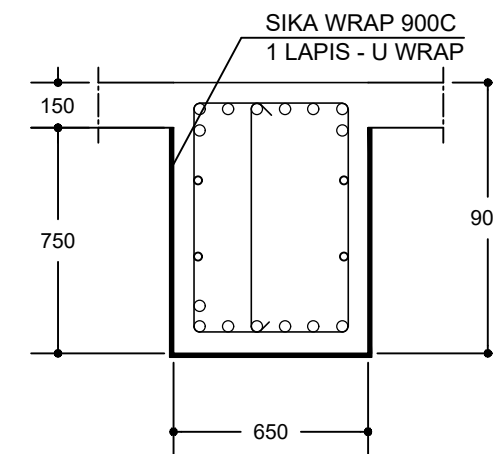
PERKUATAN GESER BALOK G12A LT. 4 & LT. 5
 Skala 1 : 25



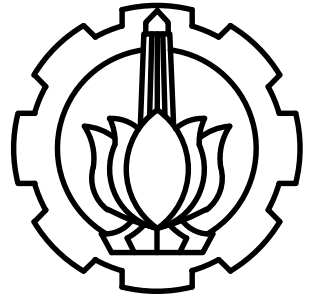
DETAIL PERKUATAN G12A LT. 4 & LT.5
 Skala 1 : 25



PERKUATAN GESER BALOK G15 LT. 4 & LT.5
 Skala 1 : 25



DETAIL PERKUATAN G15 LT. 4 & LT.5
 Skala 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

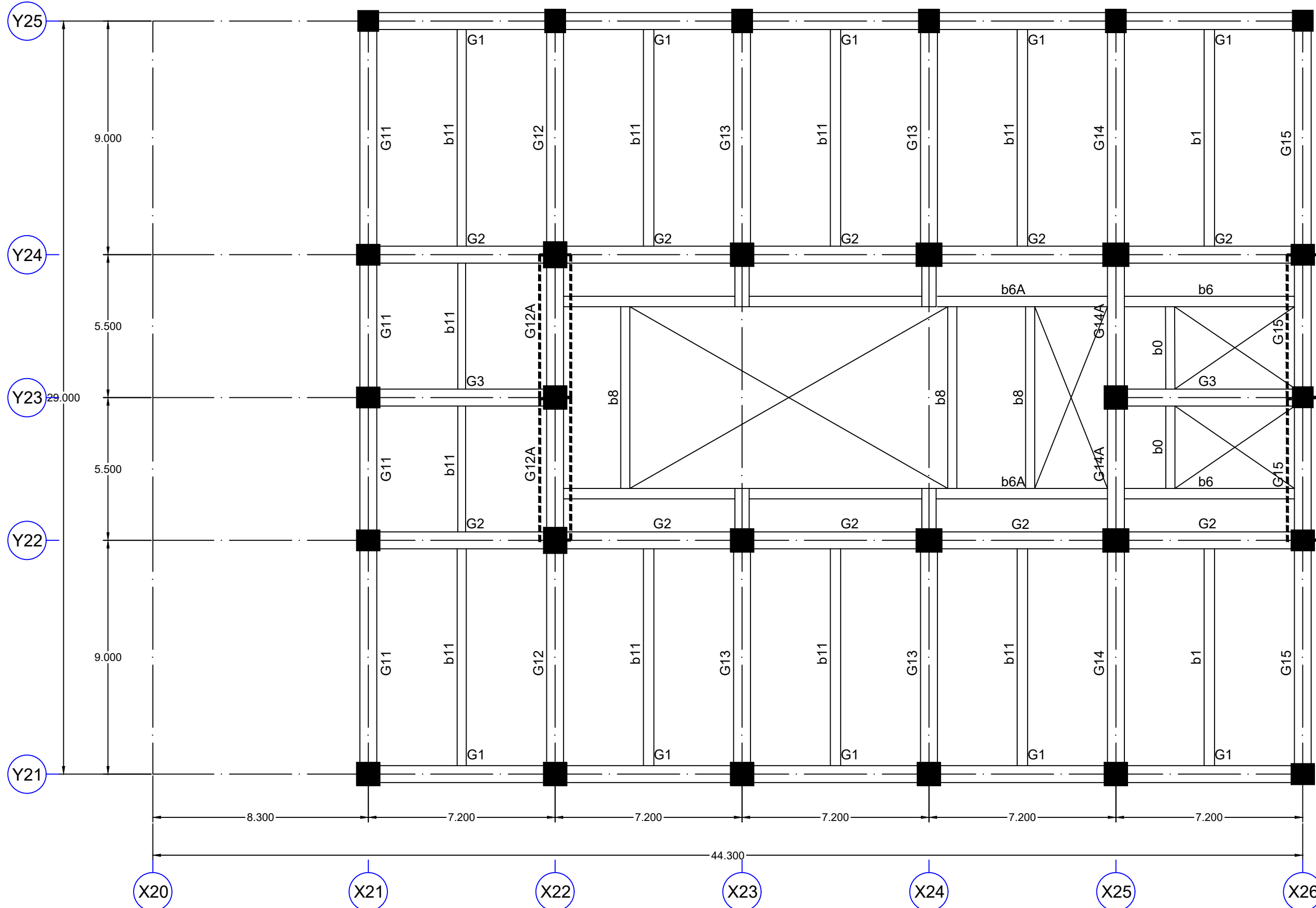
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK BALOK
 LT. 6 & LT. 7

SKALA

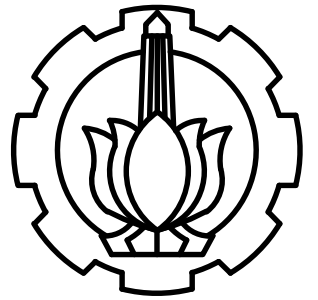
NOMOR
 GAMBAR

20

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 6 & LT. 7
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

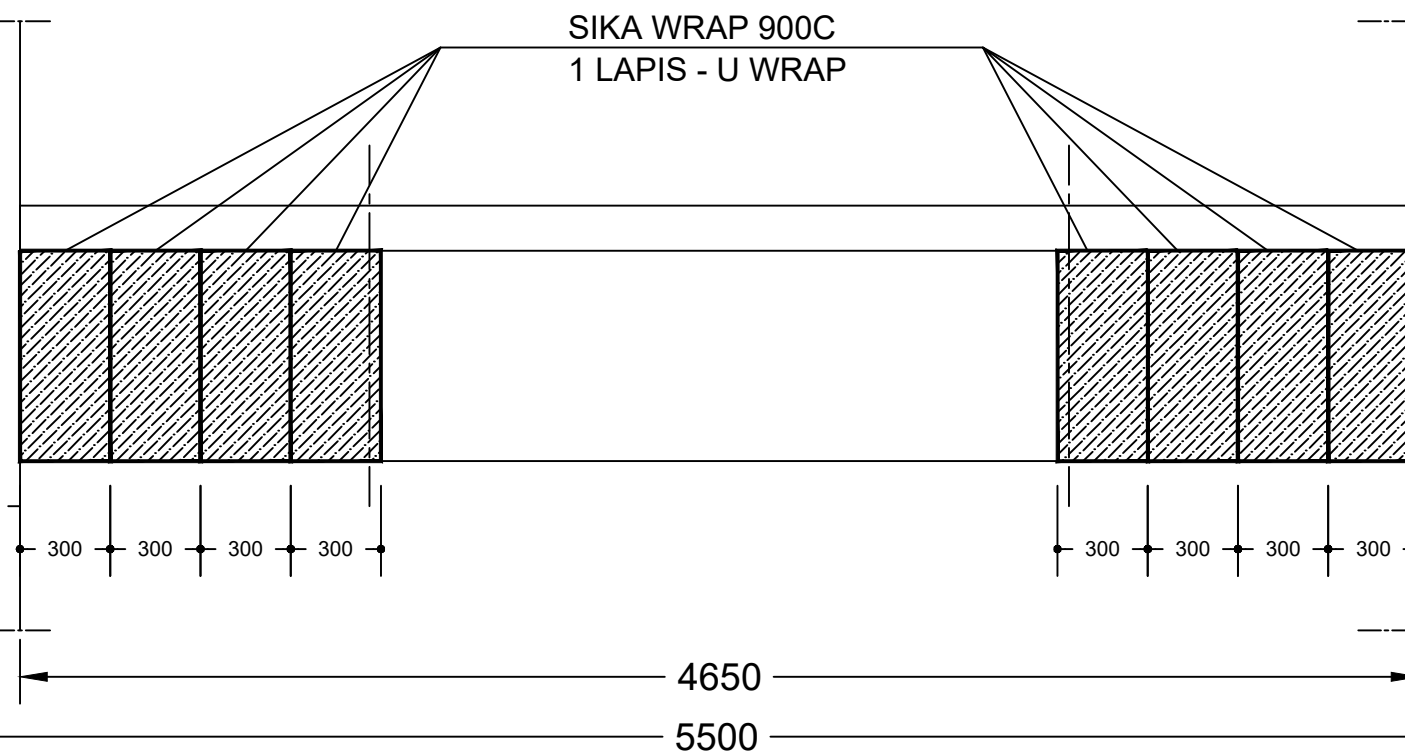
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 6 & LT. 7

SKALA

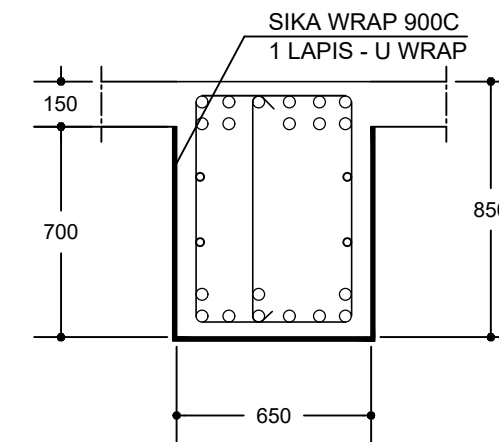
NOMOR
 GAMBAR

21

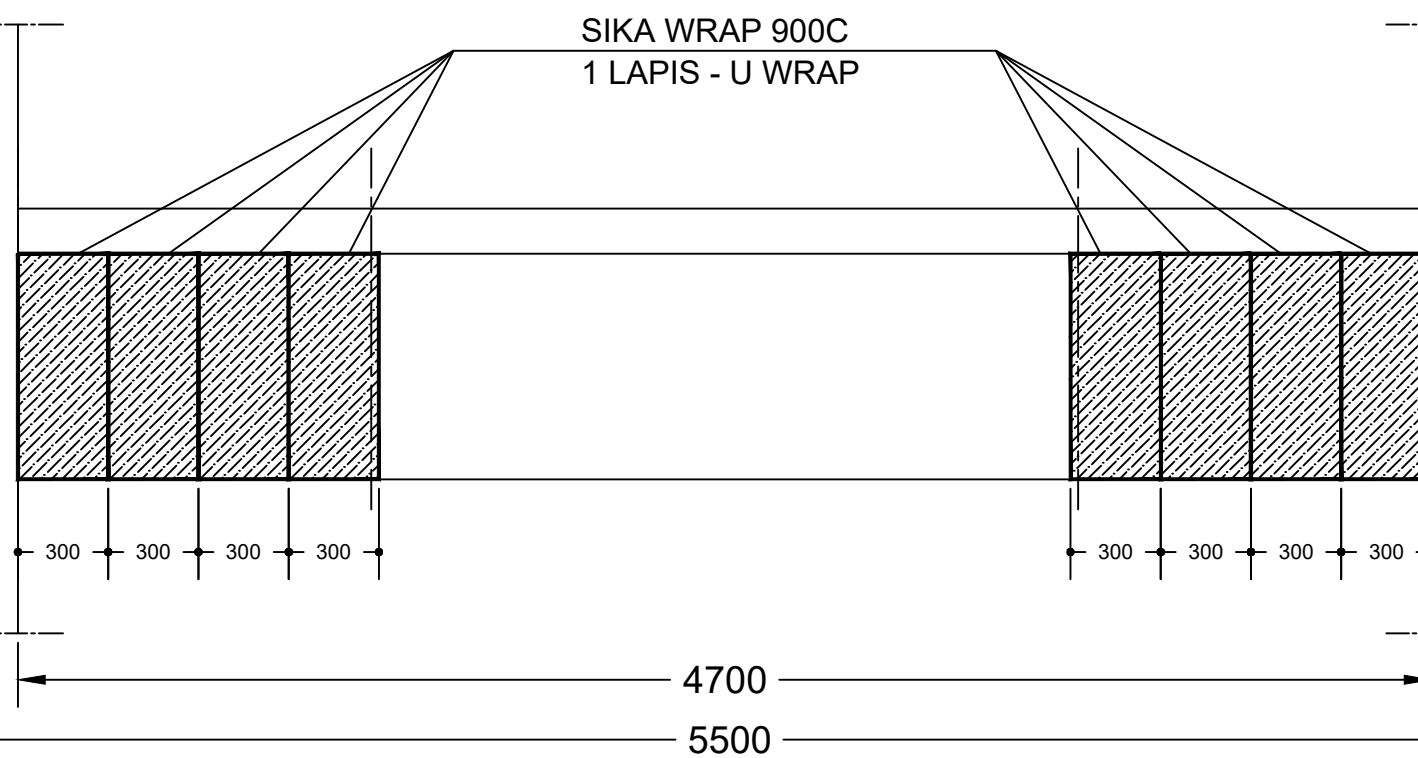
KETERANGAN



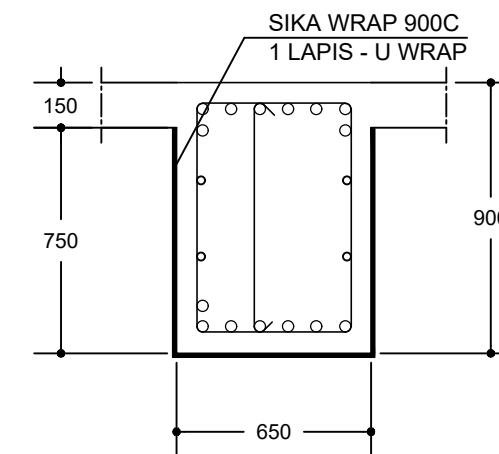
PERKUATAN GESER BALOK G12A LT. 6 & LT. 7
 Skala 1 : 25



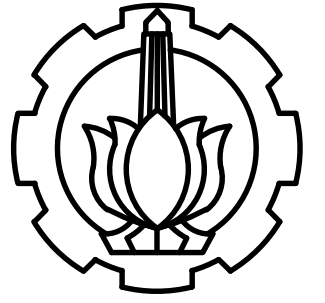
DETAIL PERKUATAN G12A LT. 6 & LT.7
 Skala 1 : 25



PERKUATAN GESER BALOK G15 LT. 6 & LT.7
 Skala 1 : 25



DETAIL PERKUATAN G15 LT. 6 & LT.7
 Skala 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

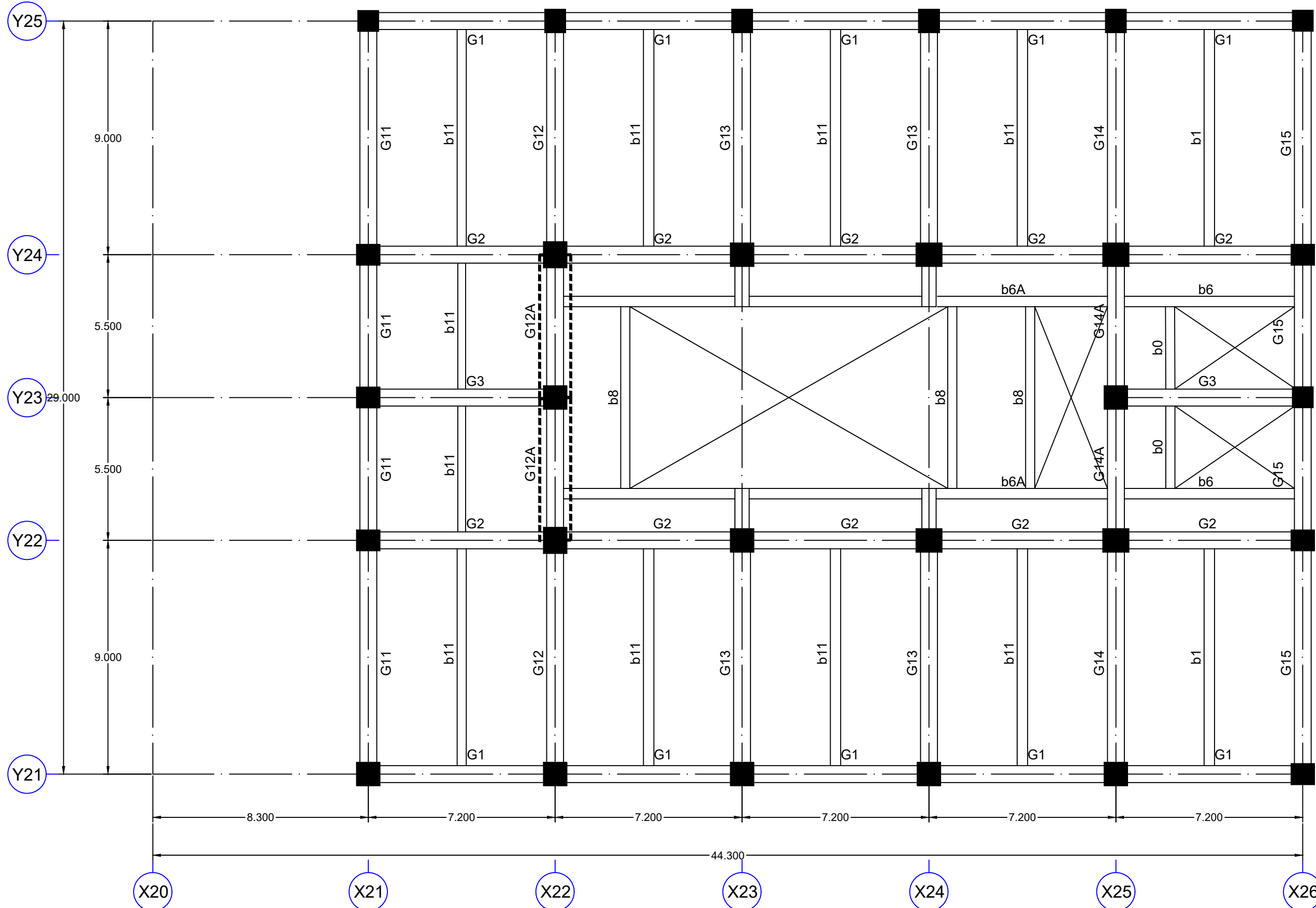
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK BALOK
 LT. 8 & LT. 9

SKALA

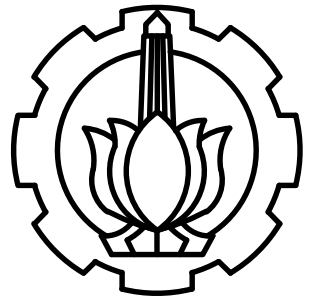
NOMOR
 GAMBAR

22

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 8 & LT. 9
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

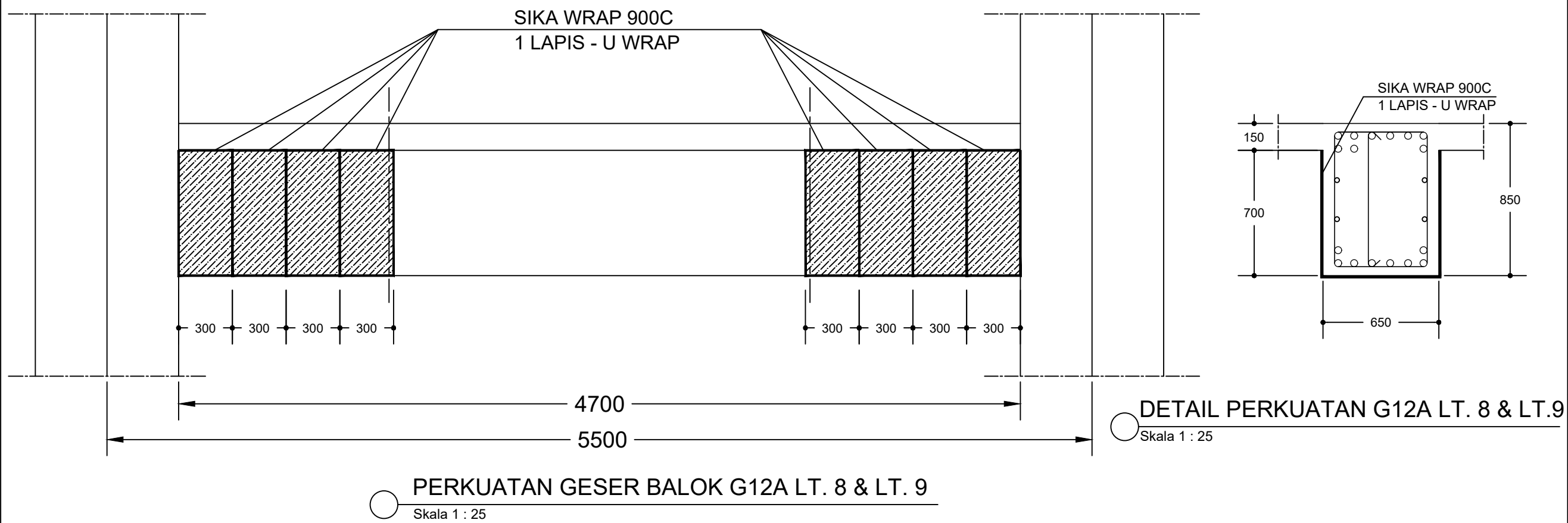
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 8 & LT. 9

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

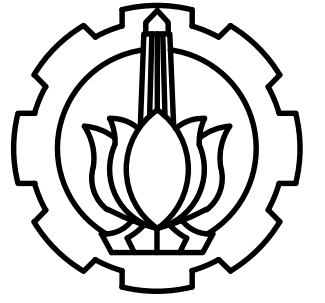
23

KETERANGAN



PERKUATAN GESER BALOK G12A LT. 8 & LT. 9
 Skala 1 : 25

DETAIL PERKUATAN G12A LT. 8 & LT.9
 Skala 1 : 25



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

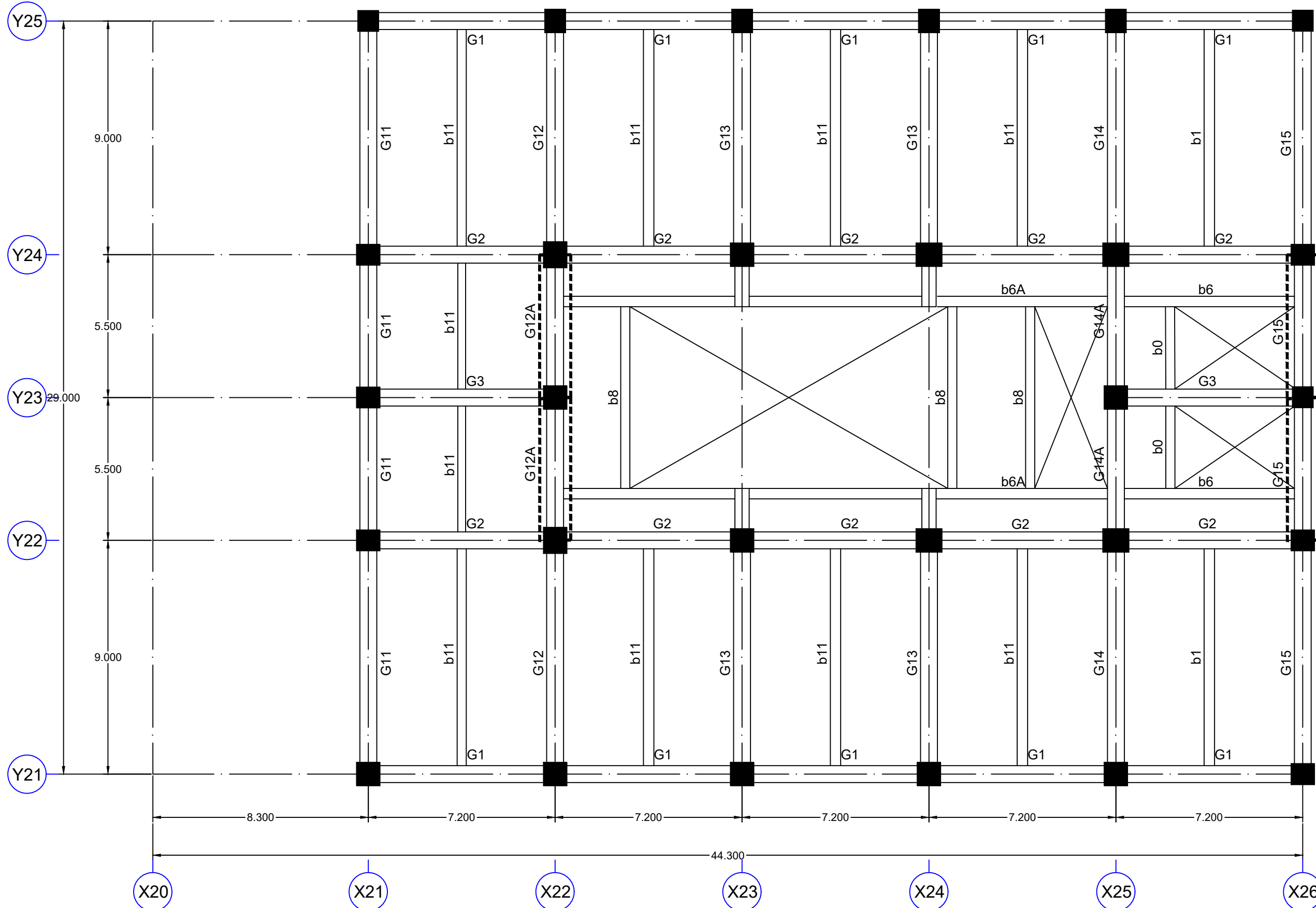
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK BALOK
 LT. 10

SKALA

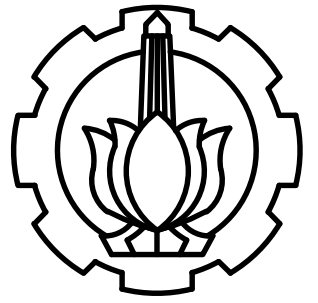
NOMOR
 GAMBAR

24

KETERANGAN



DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 10
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

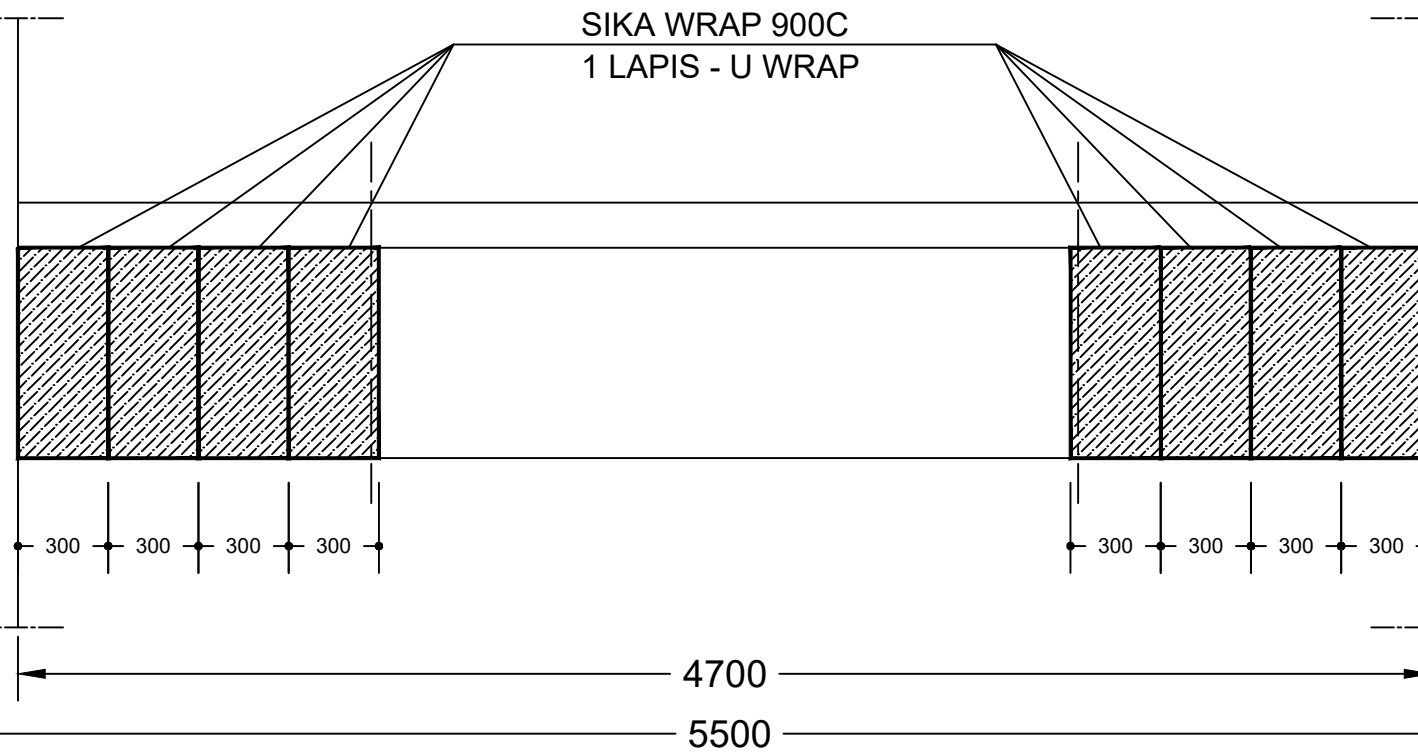
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 10

SKALA

NOMOR
 GAMBAR

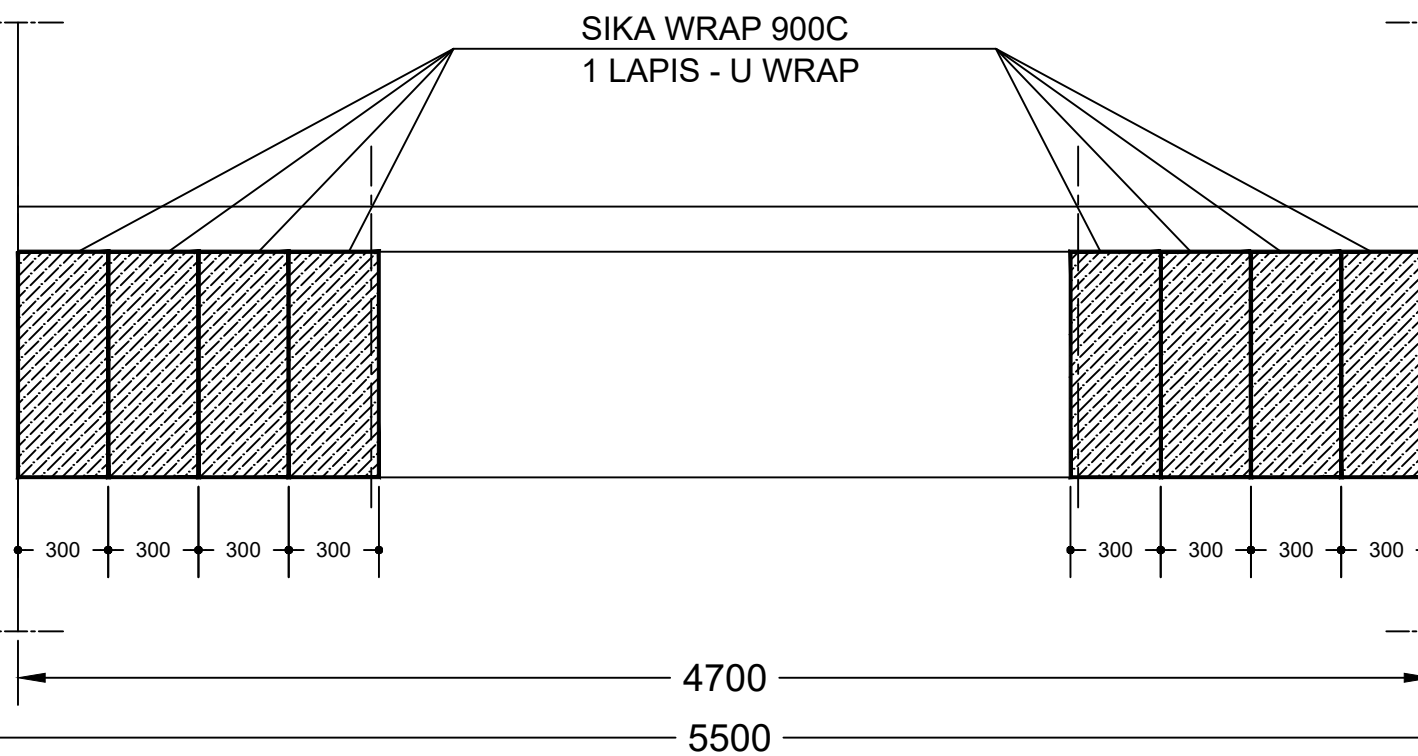
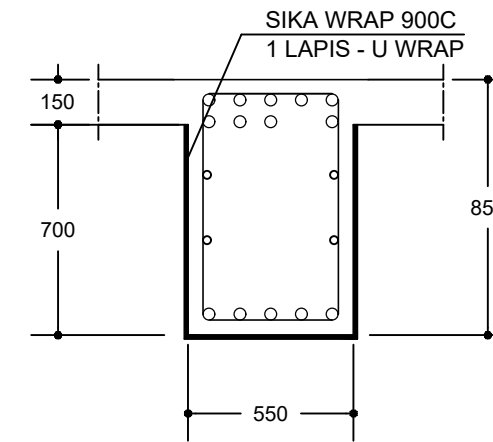
25

KETERANGAN



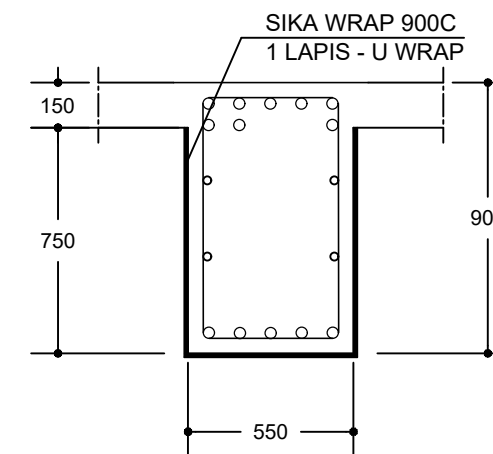
PERKUATAN GESER BALOK G12A LT. 10
 Skala 1 : 25

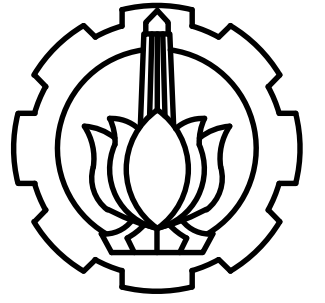
DETAIL PERKUATAN G12A LT. 10
 Skala 1 : 25



PERKUATAN GESER BALOK G15 LT. 10
 Skala 1 : 25

DETAIL PERKUATAN G15 LT. 10
 Skala 1 : 25





PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

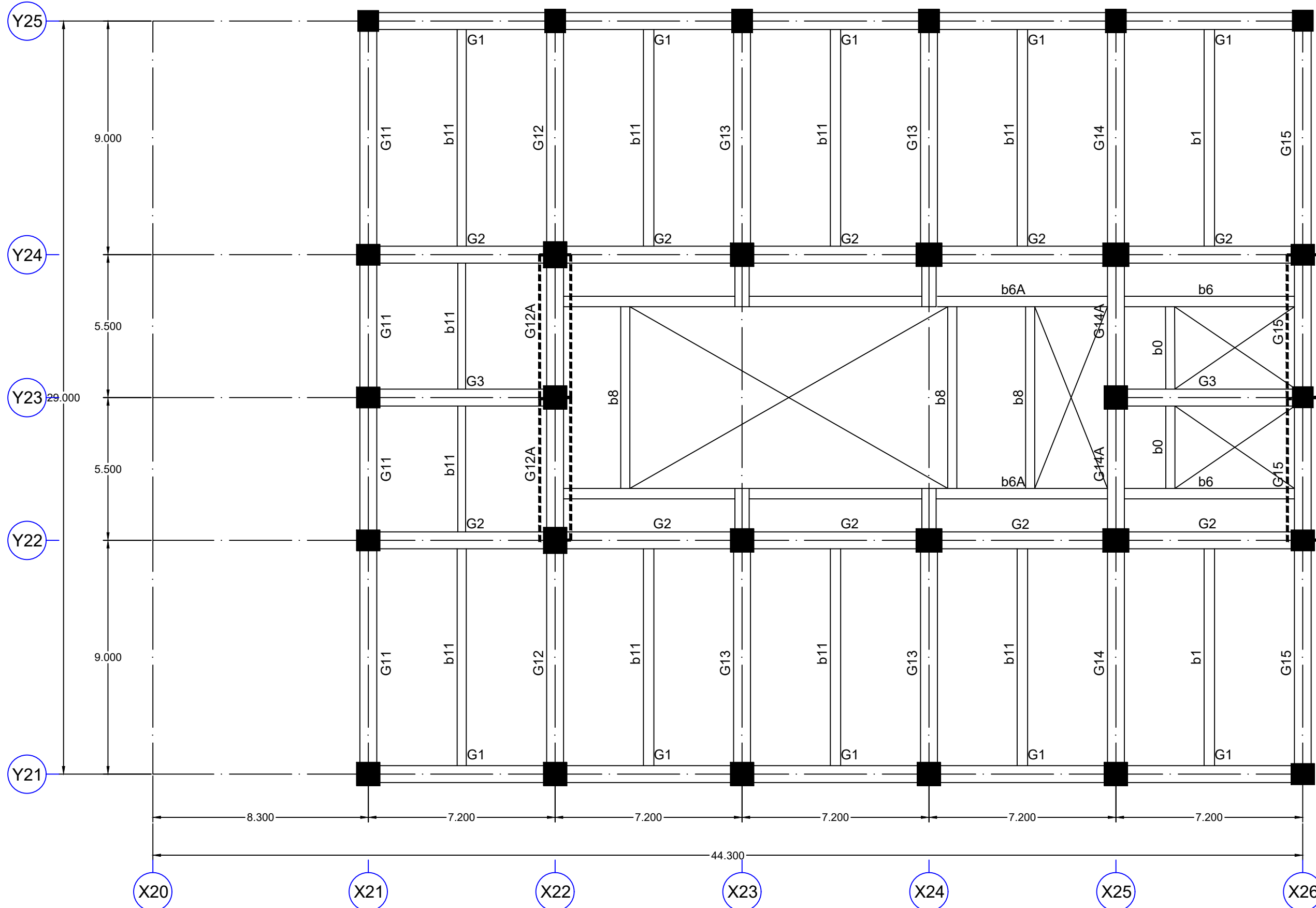
DENAH PERKUATAN
 GESER BALOK BALOK
 LT. 11

SKALA

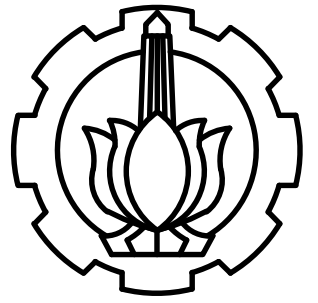
NOMOR
 GAMBAR

26

KETERANGAN



○ DENAH PERKUATAN GESER BALOK LT. 11
 Skala 1 : 150



PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
 PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

PROYEK AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PADA GEDUNG
 HOTEL 13 LANTAI CIKARANG AKIBAT
 PERUBAHAN PERATURAN GEMPA SNI
 1726-2019

DOSEN PEMBIMBING

1. R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
2. DR. NUR AHMAD HUSIN, ST., MT.

DOSEN PENGUJI

NAMA MAHASISWA

RHEZA EKA FIRMANSYAH
 2035201051

NAMA GAMBAR

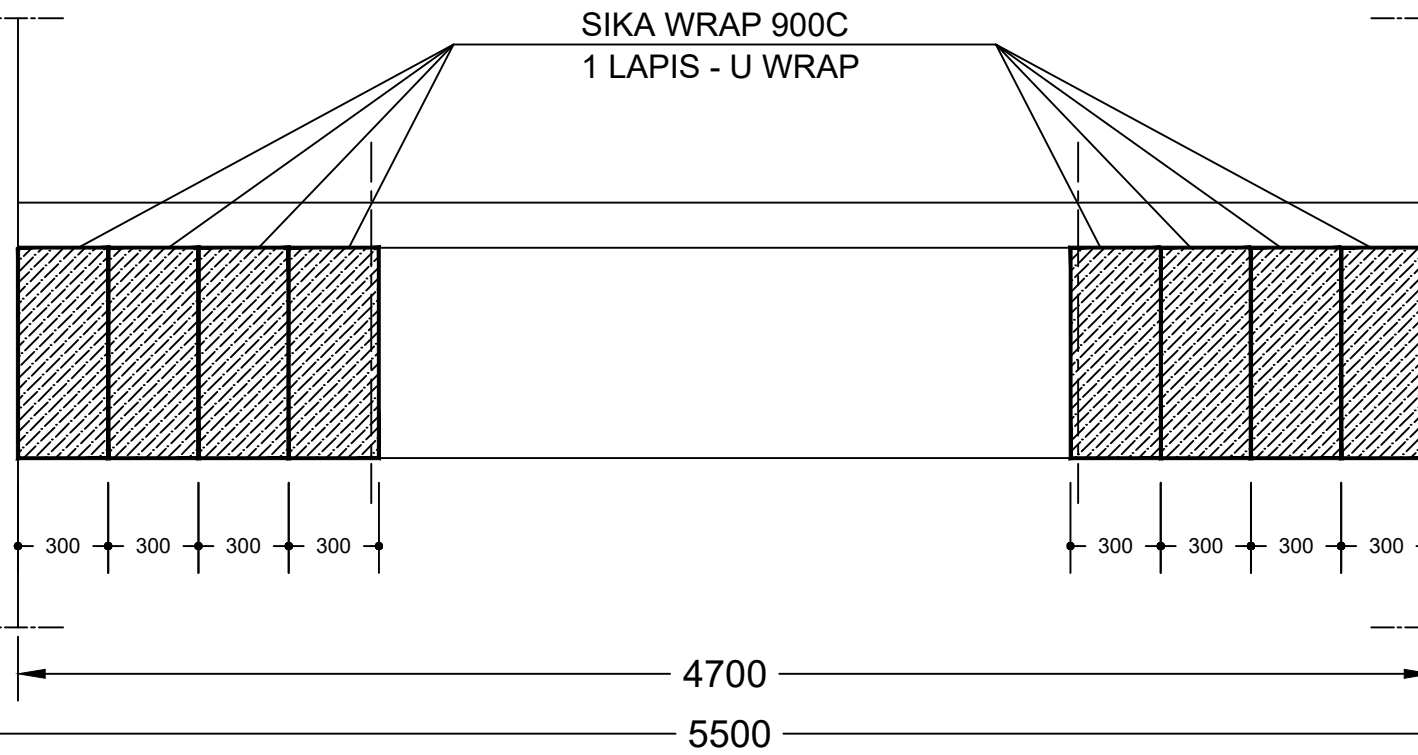
PERKUATAN GESER
 BALOK LT. 11

SKALA

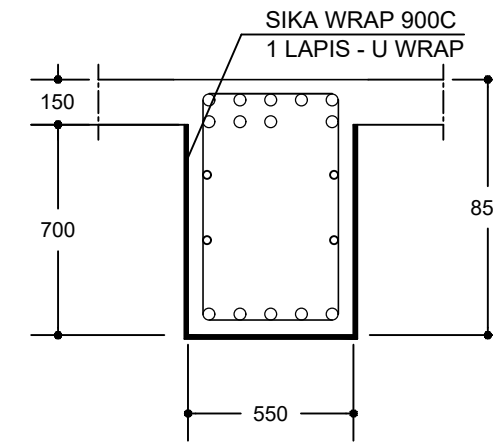
NOMOR
 GAMBAR

27

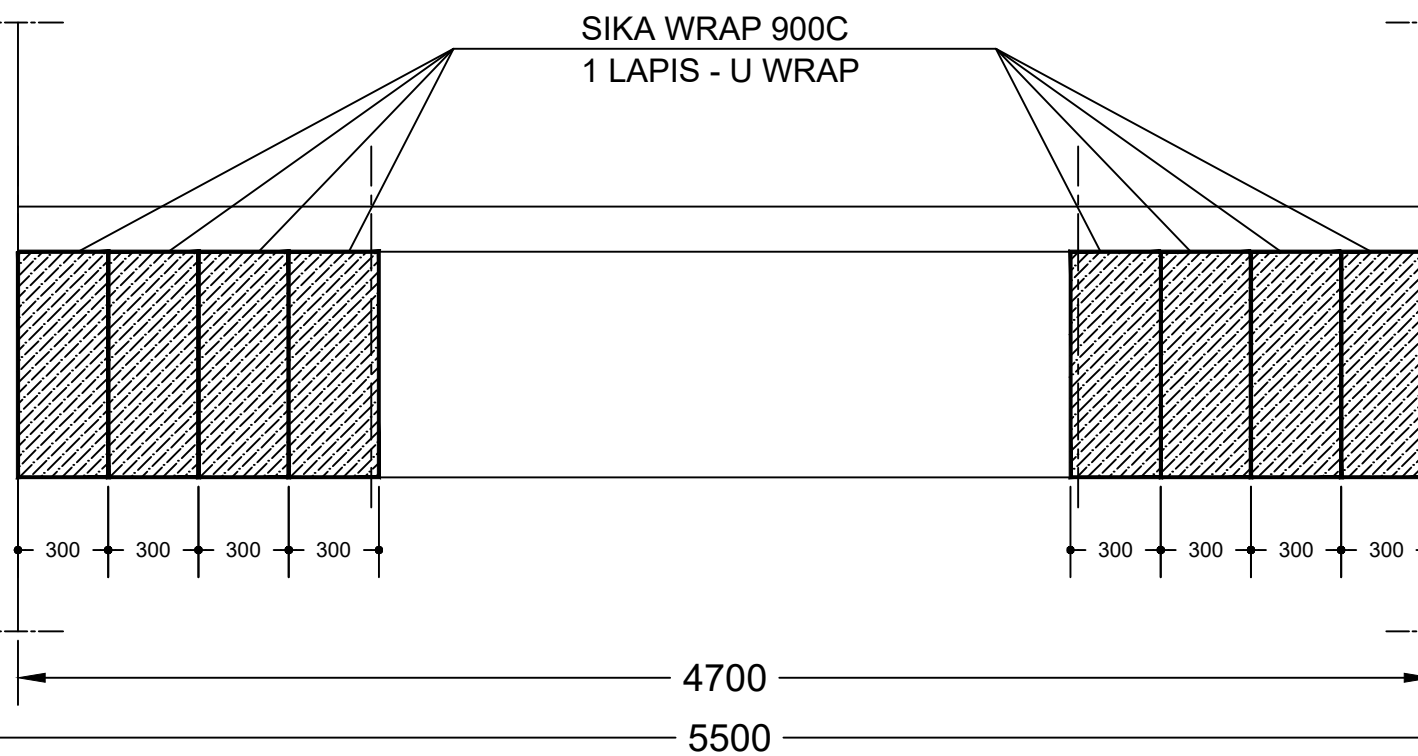
KETERANGAN



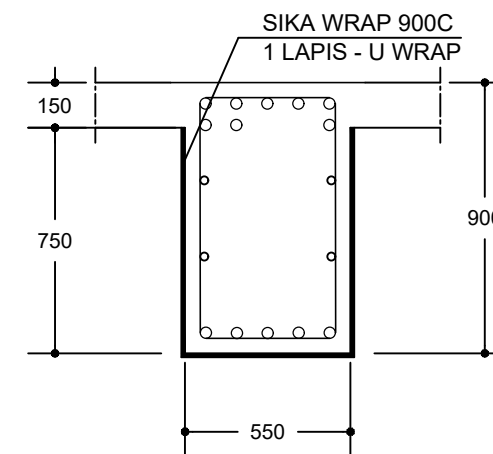
PERKUATAN GESER BALOK G12A LT. 11
 Skala 1 : 25



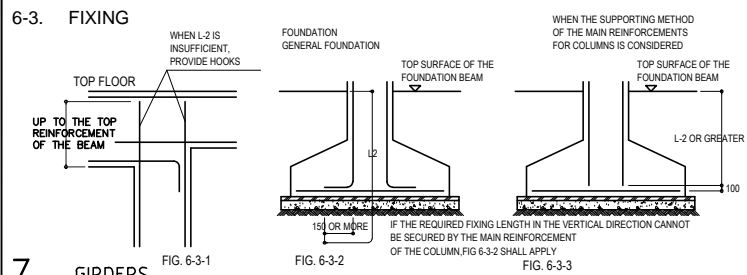
DETAIL PERKUATAN G12A LT. 11
 Skala 1 : 25



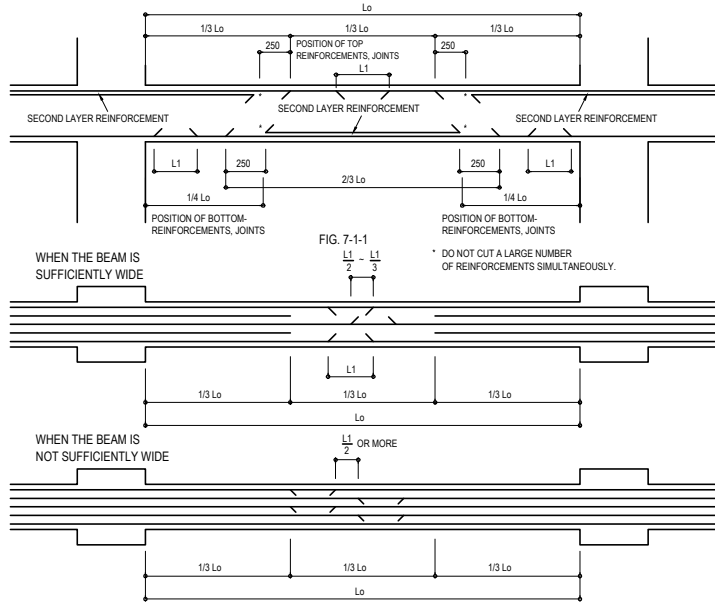
PERKUATAN GESER BALOK G15 LT. 11
 Skala 1 : 25



DETAIL PERKUATAN G15 LT. 11
 Skala 1 : 25

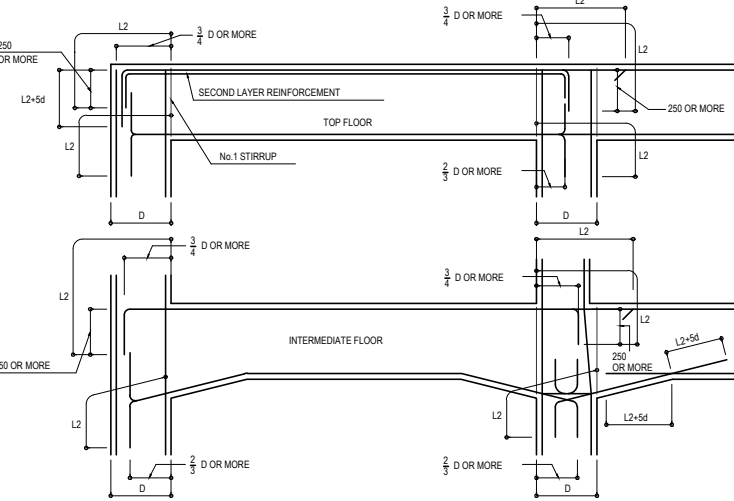


7. GIRDERS
7-1. POSITION OF JOINTS AND LENGTH OF TOP REINFORCEMENTS.

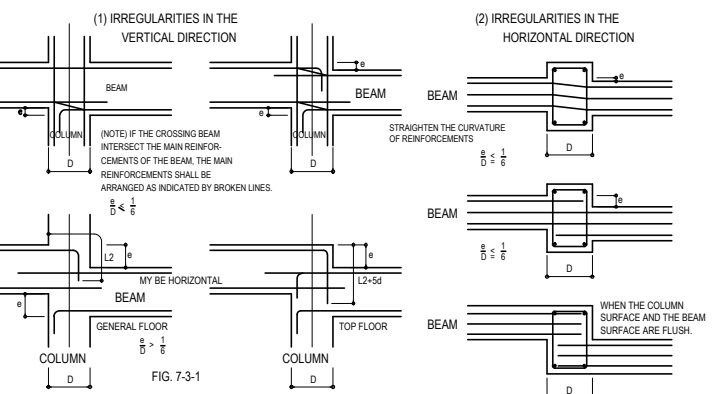


NOTE:
1. THE ABOVE FIGURES INDICATE THE BAR ARRANGEMENT FOR THE TOP-REINFORCEMENTS OF GIRDERS.
2. WHEN USING PRESSURE-WELDING JOINTS, THE JOINTS SHALL BE POSITIONED AS INDICATED IN FIG. 7-1-1, AND THE DISTANCE BETWEEN THE ADJOINING JOINTS SHALL BE 400mm OR MORE.

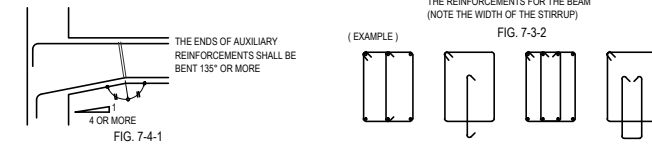
7-2. FIXING AND BEGINNING OF STIRRUPS.



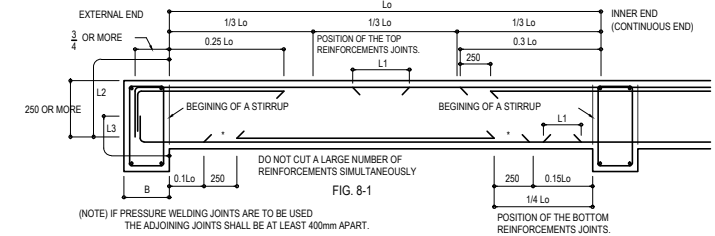
7-3. ARRANGEMENT OF REINFORCEMENTS WHEN THE MAIN-REINFORCEMENTS FOR BEAMS ARE NOT PLACED STRAIGHT.



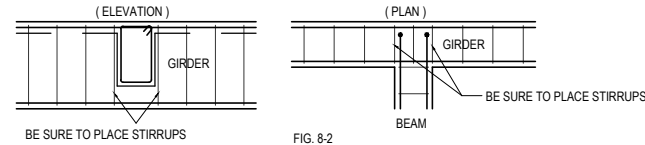
7-4. REINFORCEMENTS FOR HAUNCHES



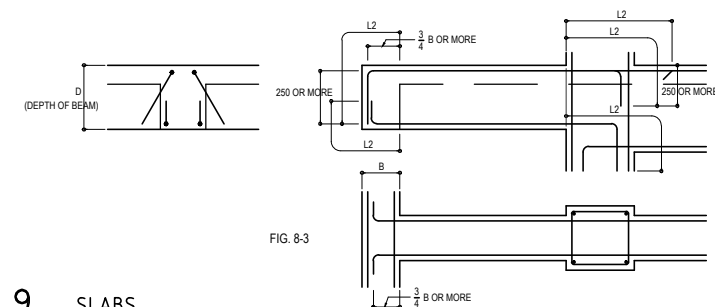
8. SMALL BEAMS
8-1. FIXING, POSITION OF JOINTS, AND LENGTH OF- TOP REINFORCEMENTS.



8-2. INSTALLATION OF BEAMS AND GIRDERS

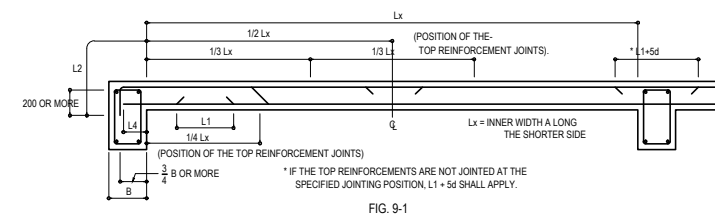


8-3. FIXING OF CANTILEVER BEAMS AND ARRANGEMENT OF END BEAMS

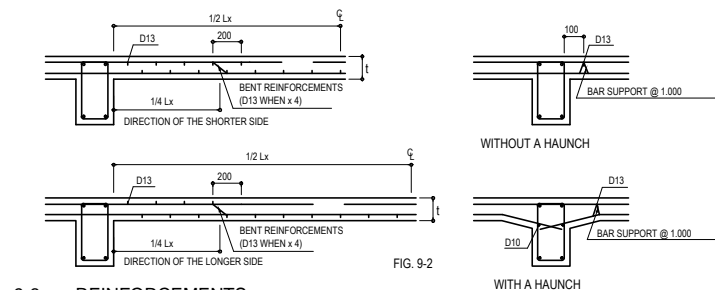


9. SLABS

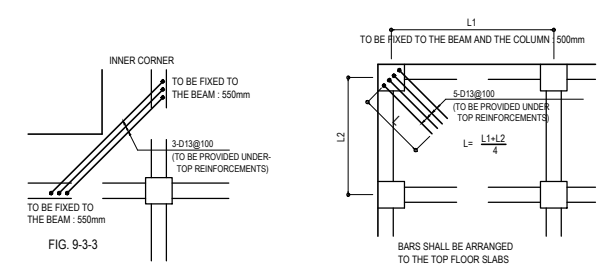
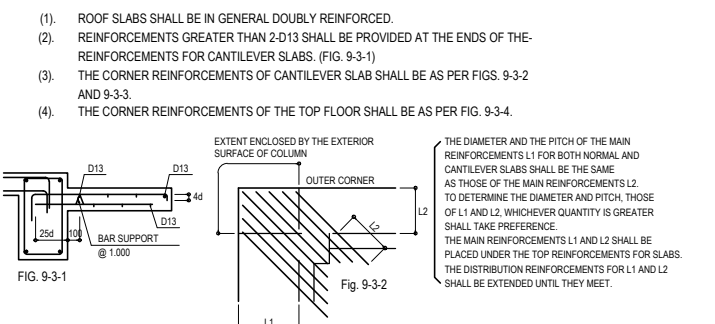
9-1. FIXING AND POSITION OF JOINTS



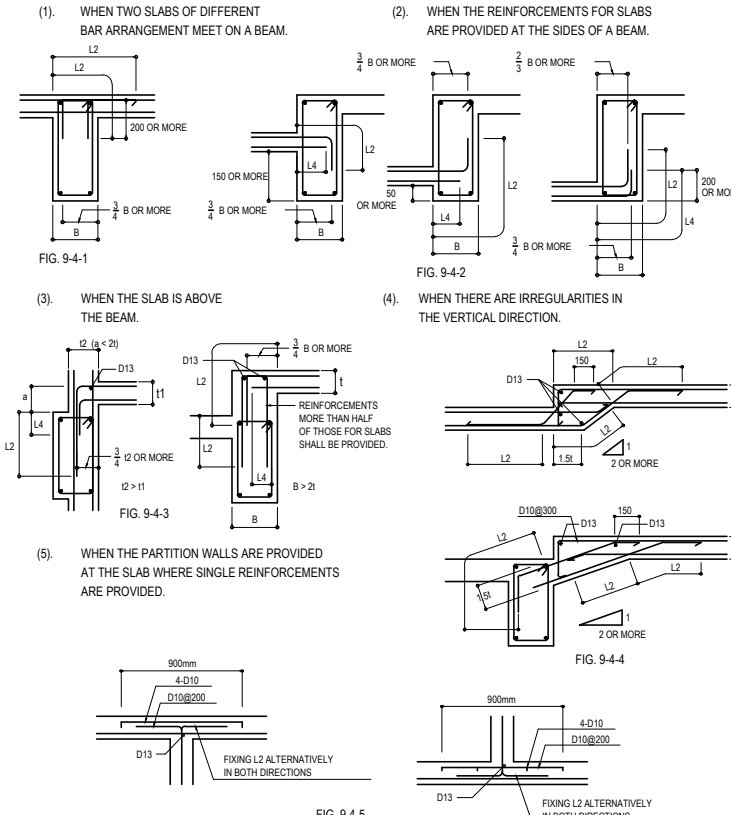
9-2. BAR ARRANGEMENT AND REINFORCEMENTS



9-3. REINFORCEMENTS

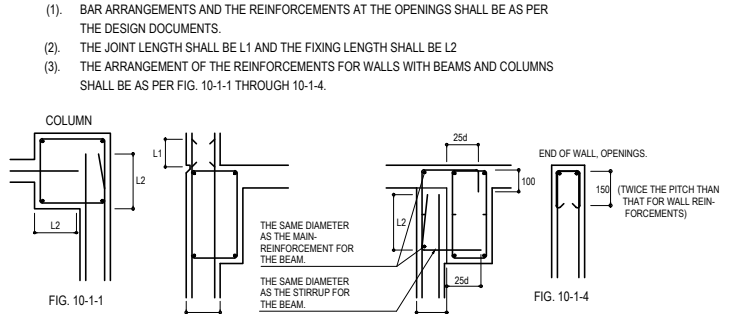


9-4. ARRANGEMENTS OF REINFORCEMENT FOR SLABS

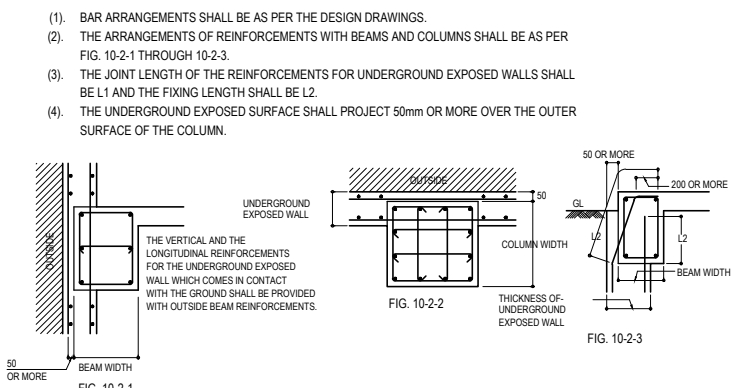


10. WALLS

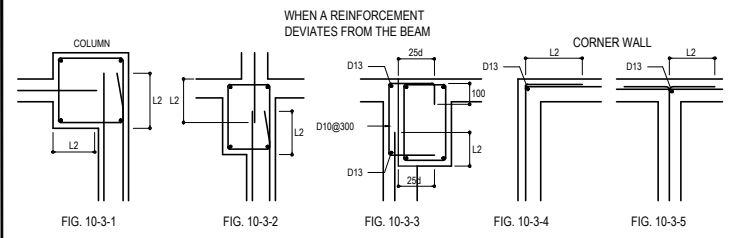
10-1. BEARING WALLS



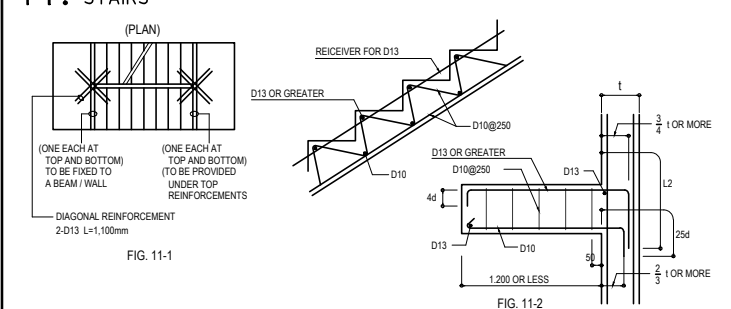
10-2. UNDERGROUND EXPOSED WALLS



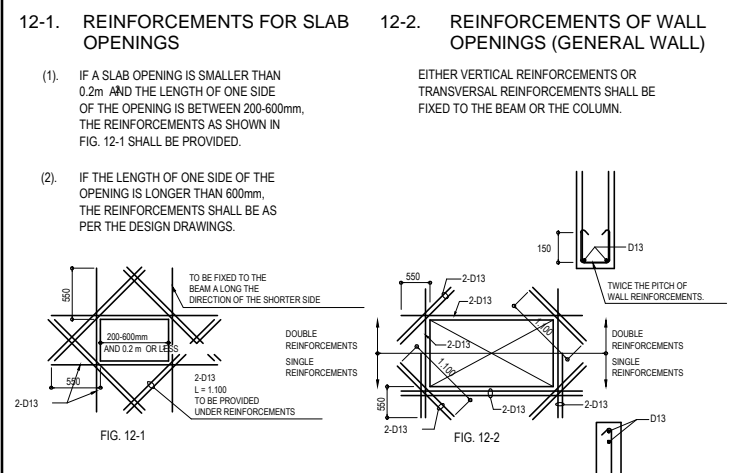
10-3. FIXING TO GENERAL WALLS, ARRANGEMENT OF WALL REINFORCEMENTS WITH COLUMNS AND BEAMS



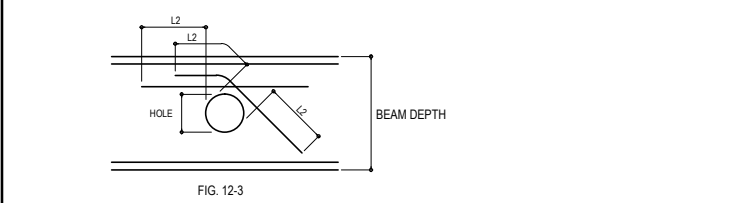
11. STAIRS



12. REINFORCEMENTS FOR OPENINGS AND BEAM PENETRATED PORTIONS.



12-3. FIXING LENGTH OF REINFORCEMENTS FOR A BEAM PENETRATING THE OPENING.



13. INDICATION OF REINFORCEMENTS ON DRAWINGS

INDICATION OF DEFORMED BARS WITHOUT HOOKS		EXAMPLES	
ACTUAL REINFORCEMENTS			
INDICATION ON DRAWINGS			

INDICATION FOR BAR DIAMETERS	10 (8)	13	>16	Ømm

1. ZONING FOR EARTH QUAKE

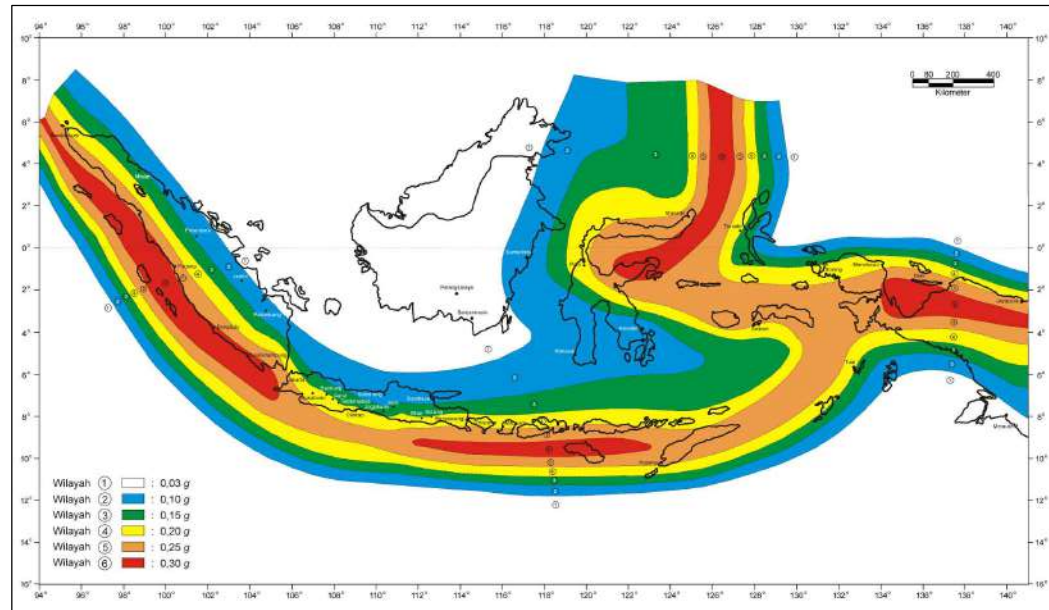


FIGURE 1

2. WALL WITHOUT OPENING

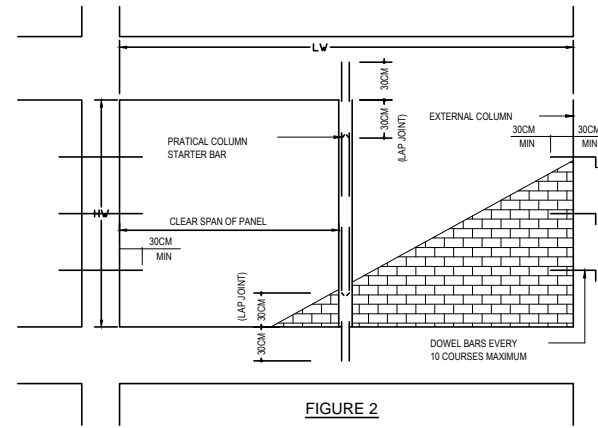


FIGURE 2

IF $\frac{HW}{CLEAR\ SPAN\ OF\ PANEL} \leq 2$ THE AREA OF UNREINFORCED RED BRICK PANELS (HW x CLEAR SPAN OF PANEL) SHALL NOT EXCEED THE FOLLOWING AREAS (IN SQUARE METRES)				OTHERS WALL					
ZONE	SOFT GROUND		HARD GROUND		ZONE	SOFT GROUND		HARD GROUND	
	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING		BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING
1&2	15.0	8.5	15.0	12.0	1&2	15.0	12.0	15.0	15.0
3	10.5	5.0	15.0	8.5	3	9.0	9.0	15.0	12.0
4	7.5	4.0	10.5	5.0	4	11.5	6.0	15.0	8.0
5	5.5	3.0	7.5	4.0	5	9.0	4.5	11.5	6.0
6	4.0	2.0	5.5	3.0	6	6.5	3.0	9.0	4.5

NOTE : 1. AREAS FOR INTERMEDIATE FLOORS BY INTERPOLATION
2. FOR BATAKO WALLS REDUCE THE WALL AREA BY 50%

IF $\frac{HW}{CLEAR\ SPAN\ OF\ PANEL} > 2$ (THE CLEAR SPAN OF UNREINFORCED RED BRICK PANELS SHALL NOT EXCEED THE FOLLOWING METRES)				OTHERS WALL					
ZONE	SOFT GROUND		HARD GROUND		ZONE	SOFT GROUND		HARD GROUND	
	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING		BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING	BASE OF BUILDING	TOP OF BUILDING
1&2	2.8	2.0	4.9	3.4	1&2	3.4	2.4	5.6	4.0
3	2.2	1.5	2.8	2.0	3	2.7	1.9	3.4	2.4
4	1.9	1.3	2.2	1.5	4	2.3	1.6	2.7	1.9
5	1.6	1.1	1.9	1.3	5	2.0	1.4	2.0	1.6
6	1.4	1.0	1.6	1.1	6	1.7	1.2	2.0	1.4

NOTE : 1. AREAS FOR INTERMEDIATE FLOORS BY INTERPOLATION
2. FOR BATAKO WALLS REDUCE THE SPAN BY 30%

TABLE 1

3. WALL WITH OPENING

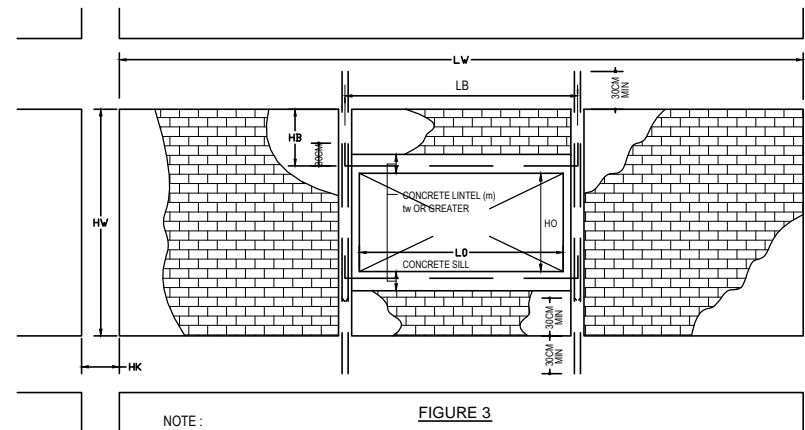


FIGURE 3

NOTE : WALL ARRANGEMENT AS TABLE 1
PRACTICAL COLUMN REINFORCEMENT AS SHOWN IN TABLE 2

4. SOIL CONDITION

THE DEFINITION OF SOFT AND HARD GROUND USED IN THIS STANDARD MAY BE FOUND IN "PEDOMAN PERENCANAAN UNTUK STRUKTUR BETON BERTULANG BIASA DAN STRUKTUR TEMBOK BERTULANG UNTUK GEDUNG 1983, CHAPTER 3.4.1".

5. REINFORCEMENT

5-1. PRACTICAL COLUMN REINFORCEMENT

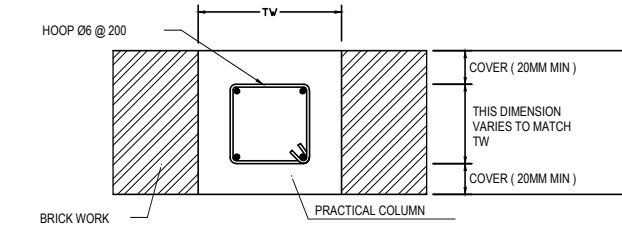


FIGURE 4

NOTE : FOR EXTERNAL BUILDING FACE CONCRETE COVER MINIMUM 30MM

WALLS AT BASE BUILDING						
WALL HEIGHT	SOFT GROUND			HARD GROUND		
	<2.5m	2.5 to 3.5m	3.5 to 4.5m	<2.5m	2.5 to 3.5m	3.5 to 4.5m
ZONE						
1&2	4/6	4/6	4/8	4/6	4/6	4/6
3	4/6	4/6	4/8	4/6	4/6	4/6
4	4/6	4/8	4/12	4/6	4/8	4/10
5	4/6	4/10	4/12	4/6	4/8	4/12
6	4/8	4/10	*	4/6	4/12	4/12

WALLS AT TOP BUILDING						
WALL HEIGHT	SOFT GROUND			HARD GROUND		
	<2.5m	2.5 to 3.5m	3.5 to 4.5m	<2.5m	2.5 to 3.5m	3.5 to 4.5m
ZONE						
1&2	4/6	4/8	4/12	4/6	4/6	4/8
3	4/6	4/10	4/12	4/6	4/8	4/12
4	4/8	4/12	*	4/6	4/10	4/12
5	4/8	4/12	*	4/8	4/12	*
6	4/10	*	*	4/8	4/12	*

TABLE 2

NOTES :

- THE TABLE 2 IS USED FOR PRACTICAL COLUMN REINFORCEMENT IN WALL ADJACENT TO EXITWAYS OR ON EXTERNAL BUILDING FACES. FOR REINFORCEMENT IN OTHER WALLS THE AREA OF STEEL TABULATED MAY REDUCED BY 40%.
- IF THE TABLE IS NOT USED PRACTICAL COLUMN REINFORCEMENT MAY BE DETERMINED BY CALCULATION FROM CHAPTER 7 ("PEDOMAN PERENCANAAN UNTUK STRUKTUR BETON BERTULANG BIASA DAN STRUKTUR TEMBOK BERTULANG UNTUK GEDUNG 1983") ASSUMING THE LATERAL LOAD FROM THE UNREINFORCEMENT WALL SECTION ARE RESISTED BY THE PRACTICAL COLUMN AND THE SURROUNDING FRAME.
- REINFORCEMENT VALUES IN THIS TABLE REFER TO TOTAL AMOUNTS (IE. NO. OF BARS 4/10 DIA. IN MM)
- THE MINIMUM CONCRETE COVER NOTED IN THE DIAGRAM MUST BE CONFORM TO "PERATURAN BETON BERTULANG INDONESIA 1971 (CODE NI-2)".
- THE TABLE ONLY PREVAIL FOR WALL LESS THAN 15cm IN THICKNESS.
- INDICATES STEEL BAR EXCEEDS MAXIMUM ALLOWED, INCREASE SIZE OF PRACTICAL COLUMN OR REDUCE THEIR SPACING AND DETERMINE STEEL BAR AS NOTE 2.

5-2. LINTEL & SILL BEAM REINFORCEMENT

HB (M)	LB (M)			
	1	2	3	4
2	110 x 110 4 Ø 8 / Ø6 @ 200	110 x 150 4 Ø 10 / Ø8 @ 200	110 x 200 4 Ø 12 / Ø8 @ 200	110 x 250 4 Ø 12 / Ø8 @ 200
1	110 x 110 4 Ø 8 / Ø6 @ 200	110 x 110 4 Ø 8 / Ø6 @ 200	110 x 150 4 Ø 10 / Ø8 @ 200	110 x 200 4 Ø 12 / Ø8 @ 200

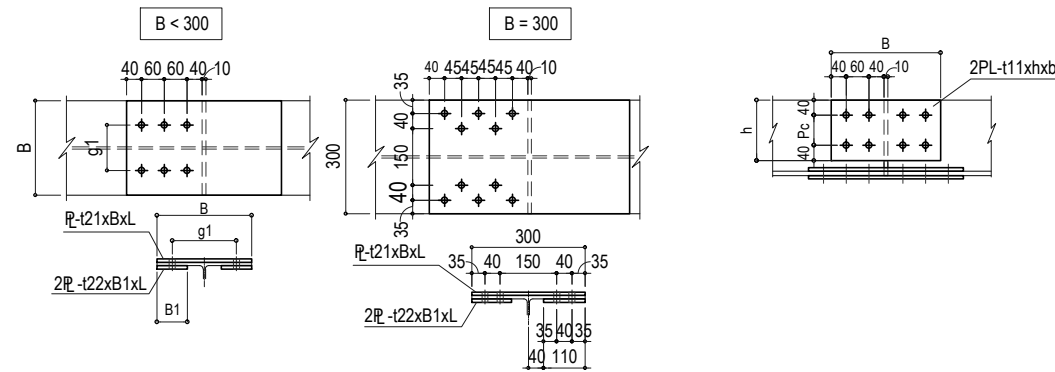
TABLE 3

FIGURE 5

TOLERANCE				FULL PENETRATION WELDING			REINFORCEMENT OF WELDING																														
<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>g</th> <th>f</th> <th>θ</th> </tr> </table>				TOLERANCE	g	f	θ	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>3</th> <th>6 ≤ t</th> <th></th> </tr> </table>			TOLERANCE	3	6 ≤ t		<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>B < 15mm</th> <th>15mm ≤ B < 25mm</th> <th>25mm ≤ B</th> </tr> <tr> <td>0 < h ≤ 3mm</td> <td>0 < h ≤ 4mm</td> <td>0 < h ≤ (4/25) Bmm</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4">h = $\frac{1}{4}$ (t ≤ 40)</td> </tr> <tr> <td colspan="4">0 ≤ Δh ≤ 7mm</td> </tr> </table>		TOLERANCE	B < 15mm	15mm ≤ B < 25mm	25mm ≤ B	0 < h ≤ 3mm	0 < h ≤ 4mm	0 < h ≤ (4/25) Bmm		h = $\frac{1}{4}$ (t ≤ 40)				0 ≤ Δh ≤ 7mm								
TOLERANCE	g	f	θ																																		
TOLERANCE	3	6 ≤ t																																			
TOLERANCE	B < 15mm	15mm ≤ B < 25mm	25mm ≤ B																																		
0 < h ≤ 3mm	0 < h ≤ 4mm	0 < h ≤ (4/25) Bmm																																			
h = $\frac{1}{4}$ (t ≤ 40)																																					
0 ≤ Δh ≤ 7mm																																					
FILLET WELDING				PARTIAL PENETRATION WELDING			TACK-WELDING ON BACKING PLATE																														
<table border="1"> <tr> <th>MARK</th> <th colspan="3">DETAIL</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td colspan="3">6 ≤ t1 < 19</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">TOLERANCE</th> </tr> <tr> <td>e1 ≤ 2mm</td> <td>e2 ≤ 2mm</td> </tr> <tr> <td>0 ≤ Δs ≤ 0.5S</td> <td>ΔS ≤ 5mm</td> </tr> <tr> <td>0 ≤ Δa ≤ 0.4S</td> <td>Δa ≤ 4mm</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">t = min (t1, t2)</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>6 9 12 14 16</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>6 7 9 10 12</td> </tr> </table>				MARK	DETAIL			1	6 ≤ t1 < 19			TOLERANCE		e1 ≤ 2mm	e2 ≤ 2mm	0 ≤ Δs ≤ 0.5S	ΔS ≤ 5mm	0 ≤ Δa ≤ 0.4S	Δa ≤ 4mm	t = min (t1, t2)		t	6 9 12 14 16	S	6 7 9 10 12	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>3</th> <th>6 < t</th> <th></th> </tr> </table>			TOLERANCE	3	6 < t						
MARK	DETAIL																																				
1	6 ≤ t1 < 19																																				
TOLERANCE																																					
e1 ≤ 2mm	e2 ≤ 2mm																																				
0 ≤ Δs ≤ 0.5S	ΔS ≤ 5mm																																				
0 ≤ Δa ≤ 0.4S	Δa ≤ 4mm																																				
t = min (t1, t2)																																					
t	6 9 12 14 16																																				
S	6 7 9 10 12																																				
TOLERANCE	3	6 < t																																			
<table border="1"> <tr> <th>MARK</th> <th colspan="3">DETAIL</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td colspan="3">6 ≤ t1 < 19</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">TOLERANCE</th> </tr> <tr> <td>e1 ≤ 2mm</td> <td>e2 ≤ 2mm</td> </tr> <tr> <td>0 ≤ Δs ≤ 0.5S</td> <td>ΔS ≤ 5mm</td> </tr> <tr> <td>0 ≤ Δa ≤ 0.4S</td> <td>Δa ≤ 4mm</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">t = min (t1, t2)</td> </tr> <tr> <td>t</td> <td>6 9 12 14 16</td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>6 9 12 14 16</td> </tr> </table>				MARK	DETAIL			2	6 ≤ t1 < 19			TOLERANCE		e1 ≤ 2mm	e2 ≤ 2mm	0 ≤ Δs ≤ 0.5S	ΔS ≤ 5mm	0 ≤ Δa ≤ 0.4S	Δa ≤ 4mm	t = min (t1, t2)		t	6 9 12 14 16	S	6 9 12 14 16	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>3</th> <th>6 < t</th> <th></th> </tr> </table>			TOLERANCE	3	6 < t						
MARK	DETAIL																																				
2	6 ≤ t1 < 19																																				
TOLERANCE																																					
e1 ≤ 2mm	e2 ≤ 2mm																																				
0 ≤ Δs ≤ 0.5S	ΔS ≤ 5mm																																				
0 ≤ Δa ≤ 0.4S	Δa ≤ 4mm																																				
t = min (t1, t2)																																					
t	6 9 12 14 16																																				
S	6 9 12 14 16																																				
TOLERANCE	3	6 < t																																			
WELDING POINT OF DIAPHRAGM		WELDING OF GUSSET PLATE		END TAB AND BACKING PLATE			CASE 1:																														
				<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>5</th> <th>6 ≤ t ≤ 19</th> <th>19 < t</th> </tr> </table>			TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t			<table border="1"> <tr> <th>END TAB</th> <th>MANUAL WELDING (SMAW & GSAW)</th> <th>t1</th> <th>t2</th> <th>t3</th> <th>l</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> <td>≥9</td> <td>≥30 and 2T1</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">BACKING PLATE</td> <td>SMAW</td> <td colspan="3">t ≥ 6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>GSAW</td> <td colspan="3">t ≥ 9</td> <td></td> </tr> </table>		END TAB	MANUAL WELDING (SMAW & GSAW)	t1	t2	t3	l			≥9	≥9	≥9	≥30 and 2T1	BACKING PLATE	SMAW	t ≥ 6				GSAW	t ≥ 9			
TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t																																		
END TAB	MANUAL WELDING (SMAW & GSAW)	t1	t2	t3	l																																
		≥9	≥9	≥9	≥30 and 2T1																																
BACKING PLATE	SMAW	t ≥ 6																																			
	GSAW	t ≥ 9																																			
<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>5</th> <th>6 ≤ t ≤ 19</th> <th>19 < t</th> </tr> </table>				TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>5</th> <th>6 ≤ t ≤ 19</th> <th>19 < t</th> </tr> </table>			TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>5</th> <th>6 ≤ t ≤ 19</th> <th>19 < t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>5</th> <th>6 ≤ t ≤ 19</th> <th>19 < t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t											
TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t																																		
TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t																																		
TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t																																		
TOLERANCE	5	6 ≤ t ≤ 19	19 < t																																		
<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>				TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>			TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t											
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>				TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>			TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t	<table border="1"> <tr> <th>TOLERANCE</th> <th>6</th> <th>6 ≤ t < 16</th> <th>16 ≤ t</th> </tr> </table>		TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t											
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		
TOLERANCE	6	6 ≤ t < 16	16 ≤ t																																		

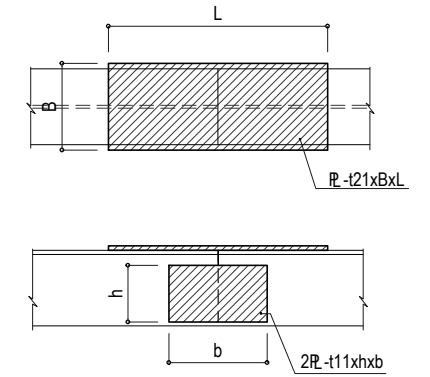
9. RIGID JOINT LIST (CT SECTION) HTB S10T

MEMBER	FLANGE				WEB			
	HTB	GAUGE		SPLICE R		HTB	SPLICE 2R	
	Fn	g1	g2	PL-t21xBxL	2PL-t22xB1xL	Wn	Pc	2PL-t11xhxb
CT-100x100x5.5x8	4-M16	60	-	12x100x290	-	1,1-M16	-	6x70x290
CT-125x125x6x9	6-M16	75	-	12x125x410	-	1,1-M16	-	6x90x290
CT-150x150x6.5x9	4-M20	90	-	9x150x290	9x60x290	1,1-M20	-	6x110x290
CT-175x175x7x11	4-M20	105	-	9x175x290	9x70x290	2-M20	60	6x140x170
CT-200x200x8x13	6-M20	120	-	9x200x410	9x80x410	2,2-M20	80	9x160x290
CT-225x200x9x14	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	2,2-M20	90	9x170x290
CT-250x200x10x16	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	2,2-M20	120	9x200x290
CT-300x200x11x17	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	3,3-M20	80	9x240x290
CT-294x300x12x20	10-M20	150	40	12x300x530	12x110x530	3,3-M20	80	9x240x290



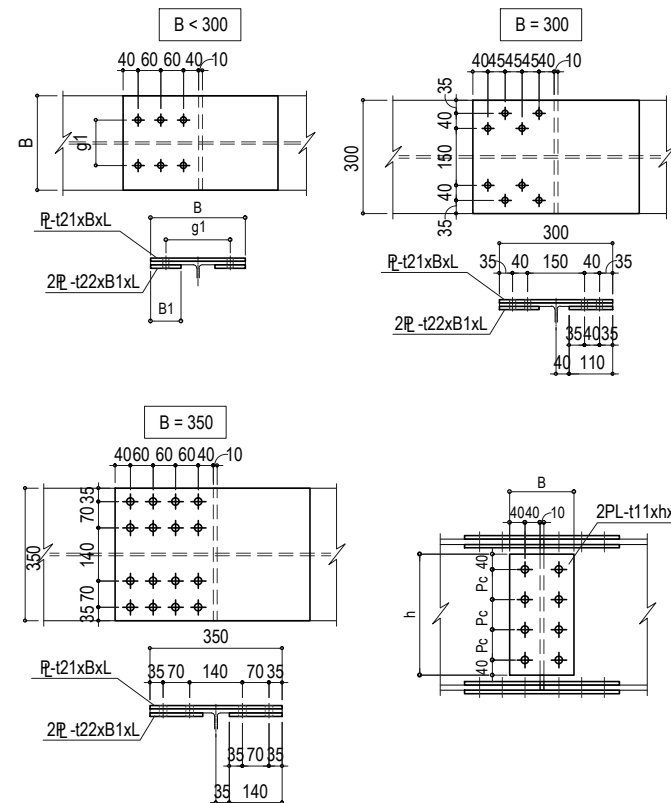
10. WELDING JOINT STANDARD (CT SECTION)

MEMBER	FLANGE		WEB	
	SPLICE R	WELDIND SIZE	SPLICE 2R	WELDIND SIZE
	PL-t21xBxL	S(mm)	2PL-t11xhxb	S(mm)
CT-100x100x5.5x8	9x120x280	6	6x60x120	5
CT-125x125x6x9	9x145x320	7	6x80x140	5
CT-150x150x6.5x9	9x170x380	7	6x100x180	5
CT-175x175x7x11	12x205x420	9	6x125x200	5
CT-200x200x8x13	12x230x580	9	6x150x260	5
CT-225x200x9x14	16x240x460	12	9x165x200	7
CT-250x200x10x16	16x240x540	12	9x190x260	7
CT-300x200x11x17	16x240x580	12	9x240x360	7
CT-294x300x12x20	19x340x740	16	9x230x400	7



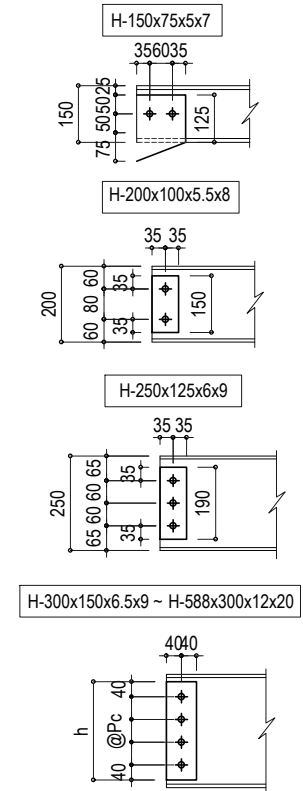
11. RIGID JOINT LIST (WIDE FLANGE SECTION FOR GIRDER) HTB S10T

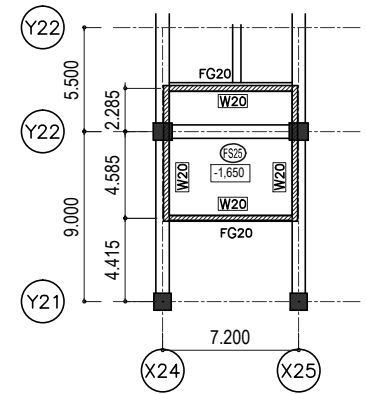
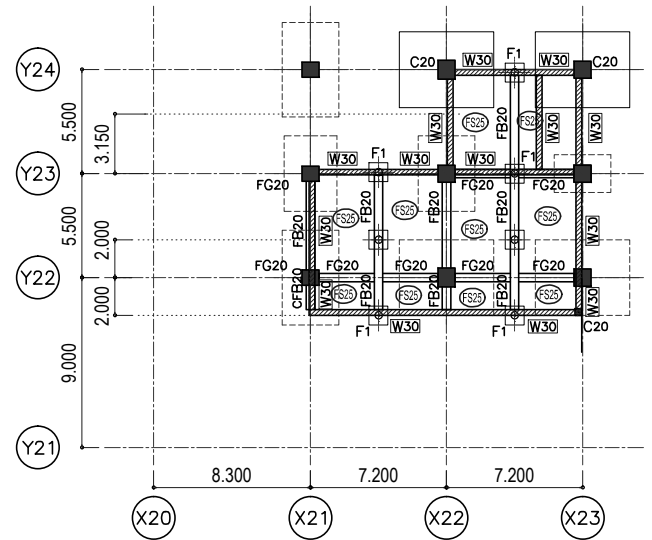
MEMBER	FLANGE				WEB			
	HTB	GAUGE		SPLICE R		HTB	SPLICE 2R	
	Fn	g1	g2	PL-t21xBxL	2PL-t22xB1xL	Wn	Pc	2PL-t11xhxb
H-200x100x5.5x8	4-M16	60	-	12x100x290	-	2-M16	60	6x140x170
H-250x125x6x9	6-M16	75	-	12x125x410	-	3-M16	60	6x200x170
H-300x150x6.5x9	4-M20	90	-	9x150x290	9x60x290	3-M20	60	6x200x170
H-350x175x7x11	4-M20	105	-	9x175x290	9x70x290	4-M20	60	6x260x170
H-400x200x8x13	6-M20	120	-	9x200x410	9x80x410	4-M20	80	9x320x170
H-450x200x9x14	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	5-M20	60	9x320x170
H-500x200x10x16	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	5-M20	80	9x400x170
H-600x200x11x17	6-M20	120	-	12x200x410	12x80x410	6-M20	80	9x480x170
H-100x100x6x8	4-M16	60	-	12x100x290	-	1,1-M16	-	9x60x290
H-150x150x7x10	4-M20	90	-	9x150x290	9x60x290	1,1-M20	-	6x80x290
H-200x200x8x12	6-M20	120	-	9x200x410	9x80x410	2-M20	60	6x140x170
H-250x250x9x14	6-M20	150	-	12x250x410	12x100x410	2-M20	90	9x170x170
H-300x300x10x15	8-M20	150	40	12x300x440	12x110x440	3-M20	60	9x200x170
H-350x350x12x19	12-M20	140	70	12x350x410	12x140x410	3,3-M20	90	9x260x290
H-588x300x12x20	10-M20	150	40	12x300x530	16x110x530	6-M20	60	9x440x170



12. BEAM PIN JOINT LIST (WIDE FLANGE SECTION) HTB S10T

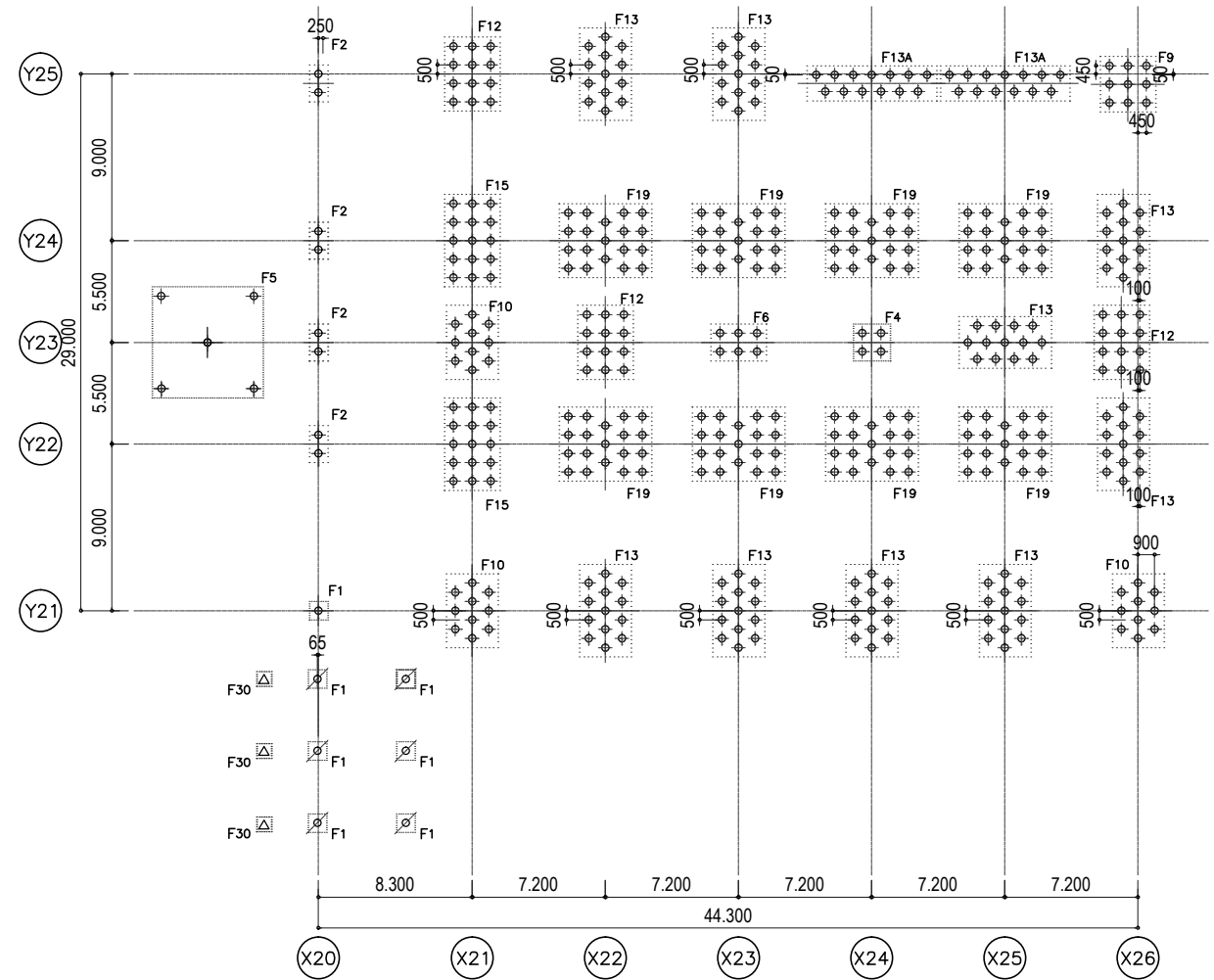
MEMBER	HTB		GPL
	nw	Pc	PL-txh
H-150x75x5x7	1,1-M16	-	6x125
H-200x100x5.5x8	2-M16	80	6x150
H-250x125x6x9	3-M16	60	6x190
H-300x150x6.5x9	3-M20	80	9x240
H-350x175x7x11	4-M20	60	9x260
H-400x200x8x13	4-M20	80	9x320
H-450x200x9x14	5-M20	60	9x320
H-500x200x10x16	5-M20	80	12x400
H-600x200x11x17	6-M20	80	12x480
H-588x300x12x20	6-M20	80	16x480



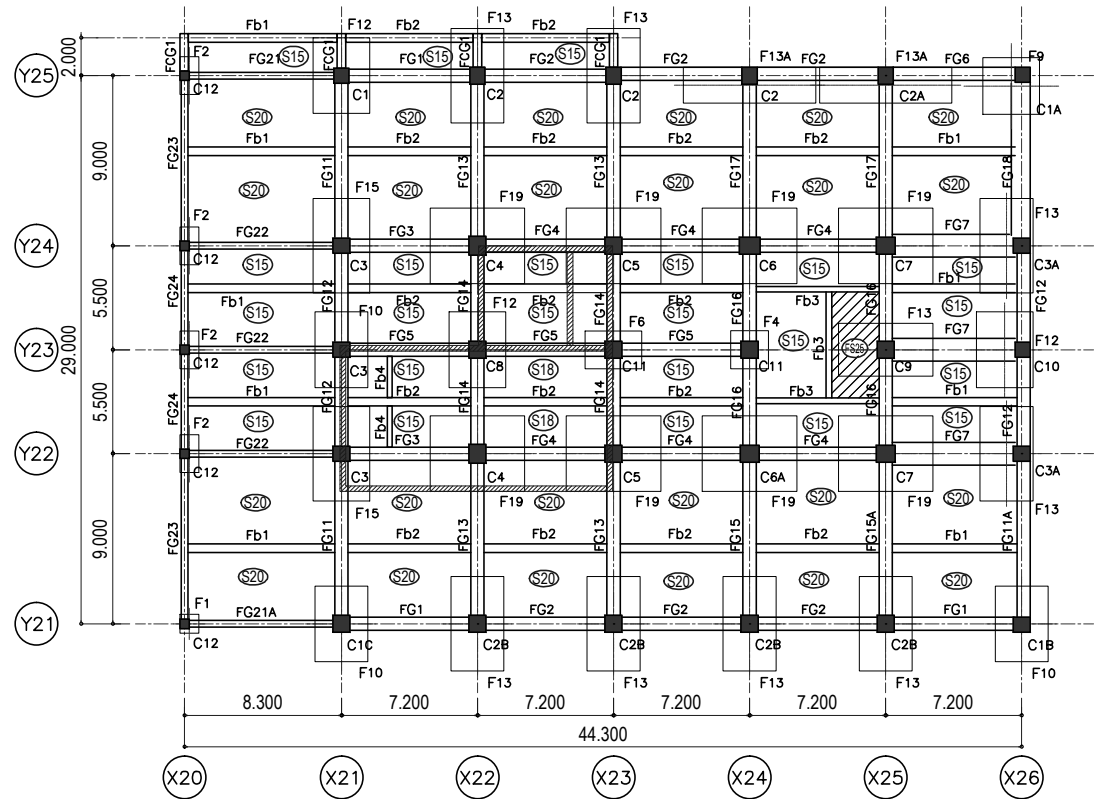


PIT PLAN 1:400 (A3)
DENAH PIT

PIT PLAN 1:400 (A3)
DENAH PIT

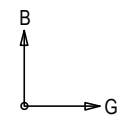


PILE & PILE CAP PLAN 1:400
DENAH PANGANG DAN KEPALA PANGANG

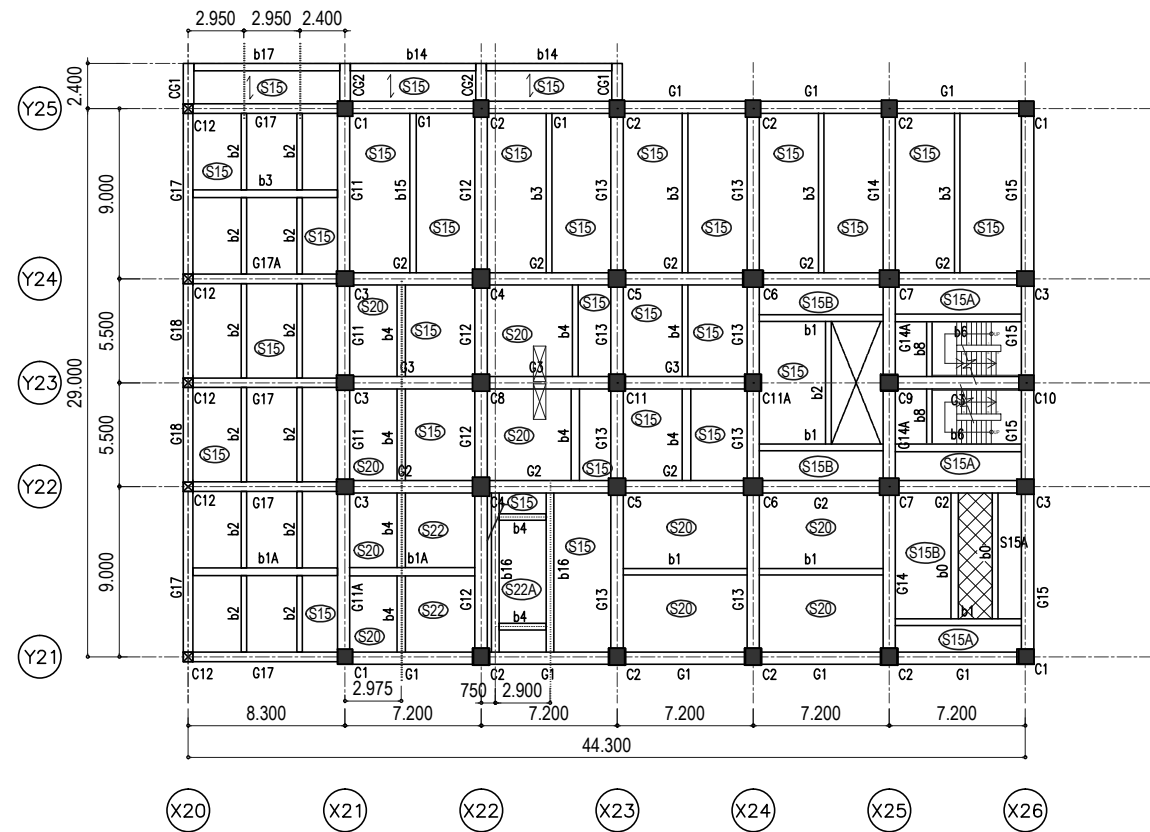


1 FL PLAN 1:400 (A3)
DENAH LANTAI 1

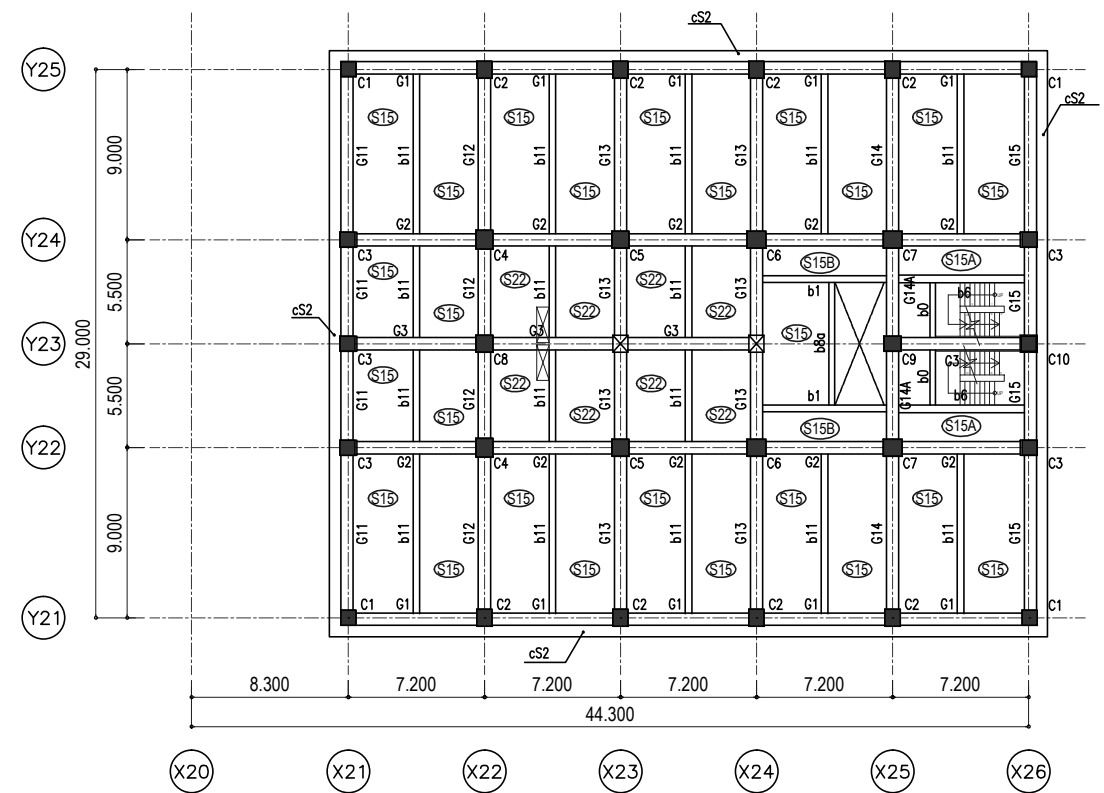
note :
 ⊕ = PC PILE Ø400, L=18 m, CAPACITY=60 ton
 ∅ = PC PILE Ø400, L=12 m, CAPACITY=30 ton
 △ = PC PILE #320, L=12 m, CAPACITY=30 ton



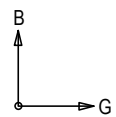
REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS	DATE DRAWN	APPROVED	PROJECT TITLE	PROJECT NO.	DRAWING NO.
						AS BUILT	07-07-2014	H.KATO	PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	A-124	S-01
						DATE ISSUED	PROJECT LEADER	SUB	DRAWN	DRAWING TITLE	SCALE : 1:200 (A1) 1:400 (A3)
						15-05-2016	J. SAKAI	-	LESTARI	PILE & FOUNDATION PLAN BELOW GRAND PIT PLAN	



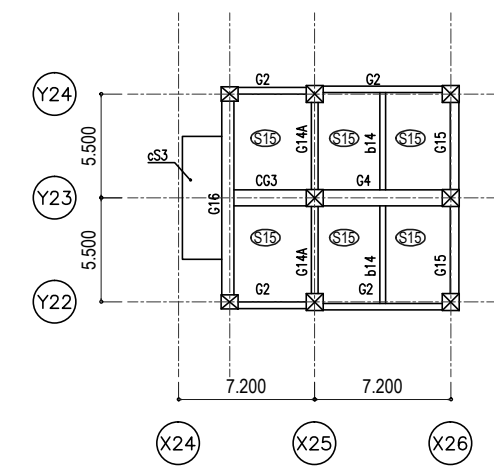
2 FLOOR PLAN 1:400(A3)
DENAH LANTAI 2



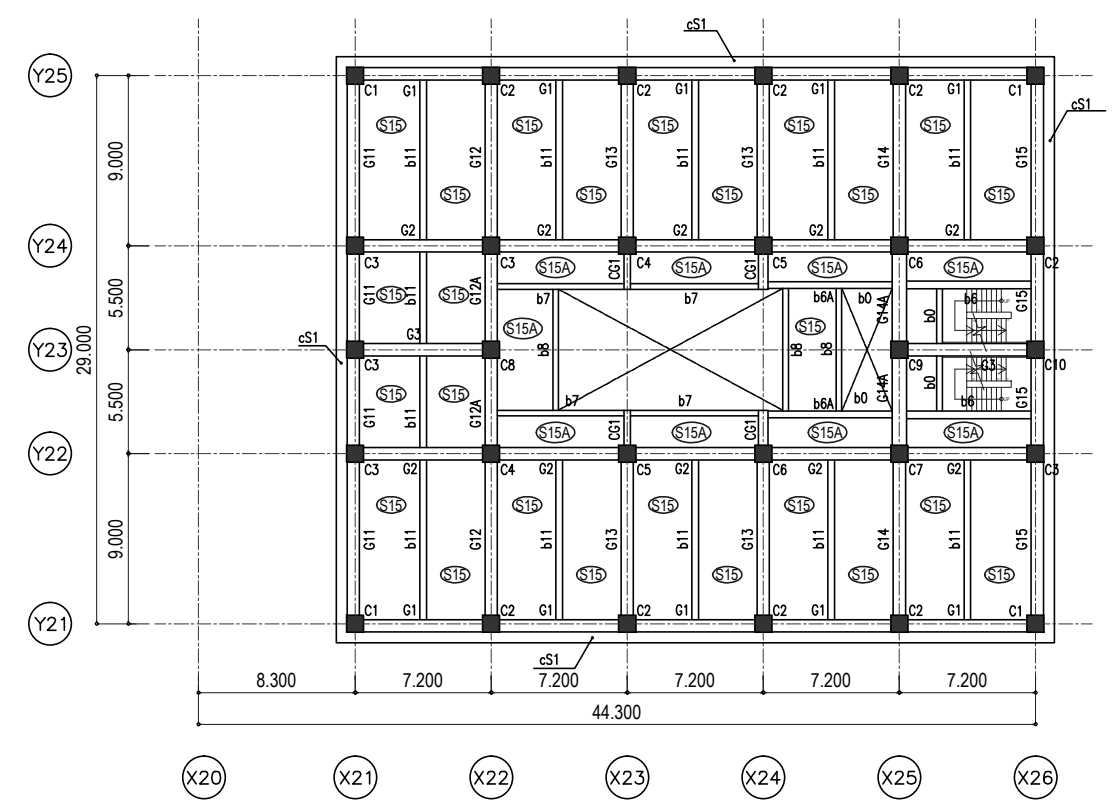
3 FLOOR PLAN 1:400(A3)
DENAH LANTAI 3



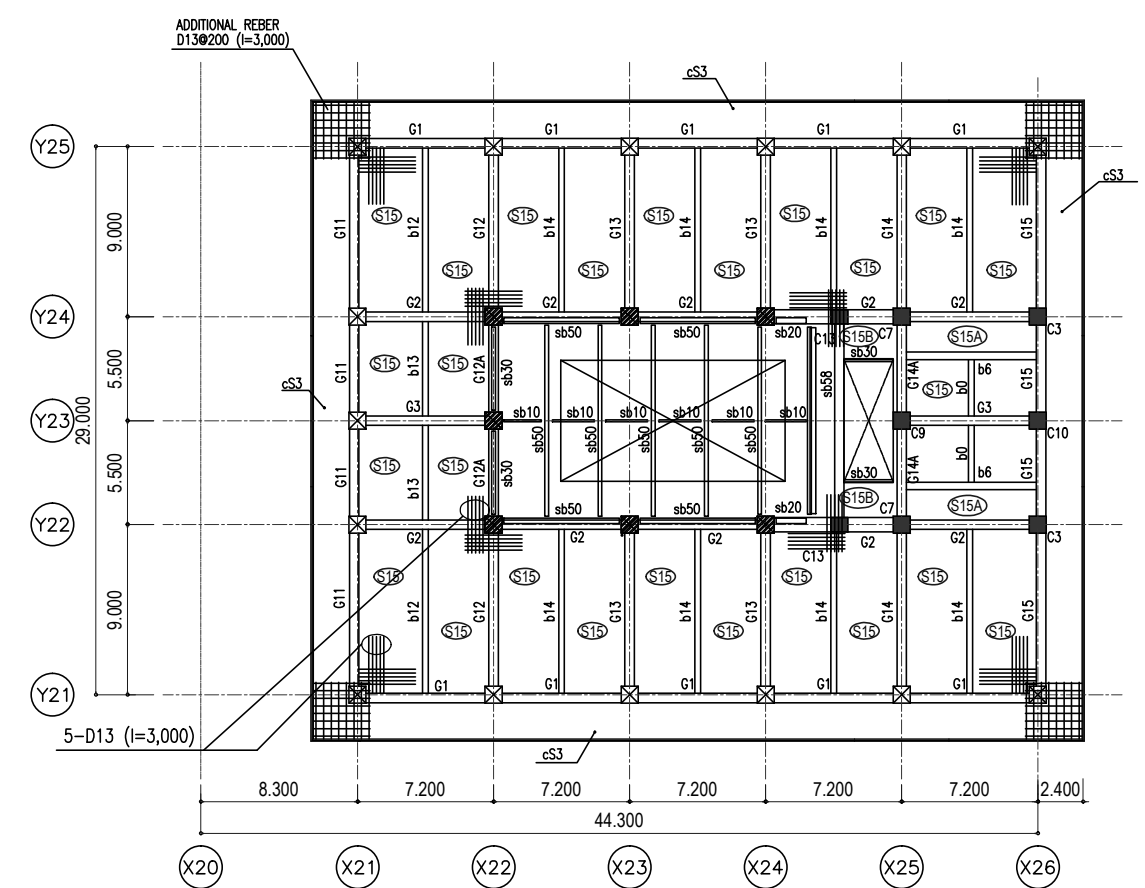
REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS AS BUILT	DATE DRAWN 07-07-2014	APPROVED H.KATO J. SAKAI	PROJECT TITLE PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	PROJECT NO. A-124	DRAWING NO. S-02
							DATE ISSUED 15-05-2016	PROJECT LEADER J. SAKAI			



ROOF PLAN (RF LEVEL) 1:400(A3)
DENAHATAP

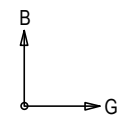


4-13 FLOOR PLAN 1:400(A3)
DENAH LANTAI 4-13

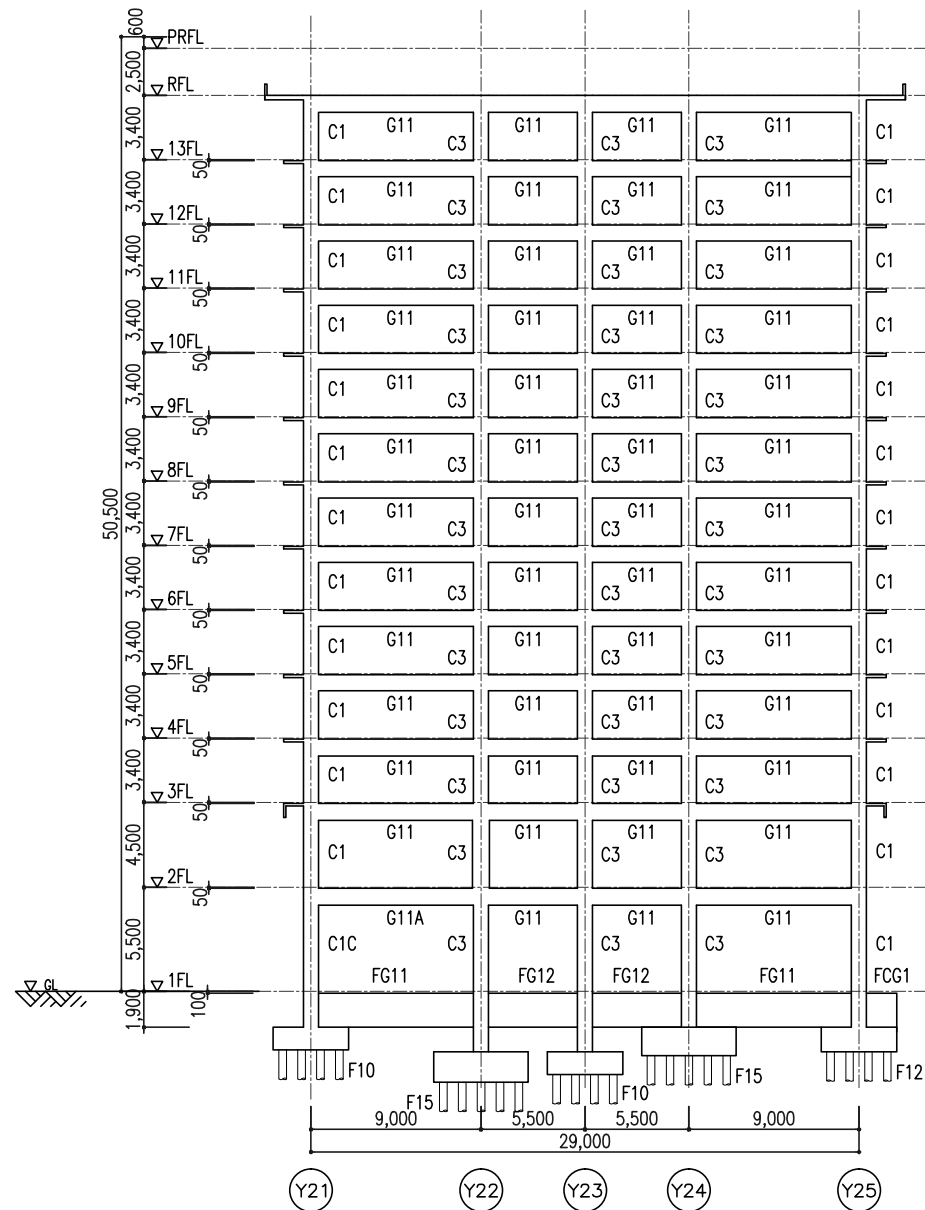


ROOF PLAN (RF LEVEL) 1:400(A3)
DENAHATAP

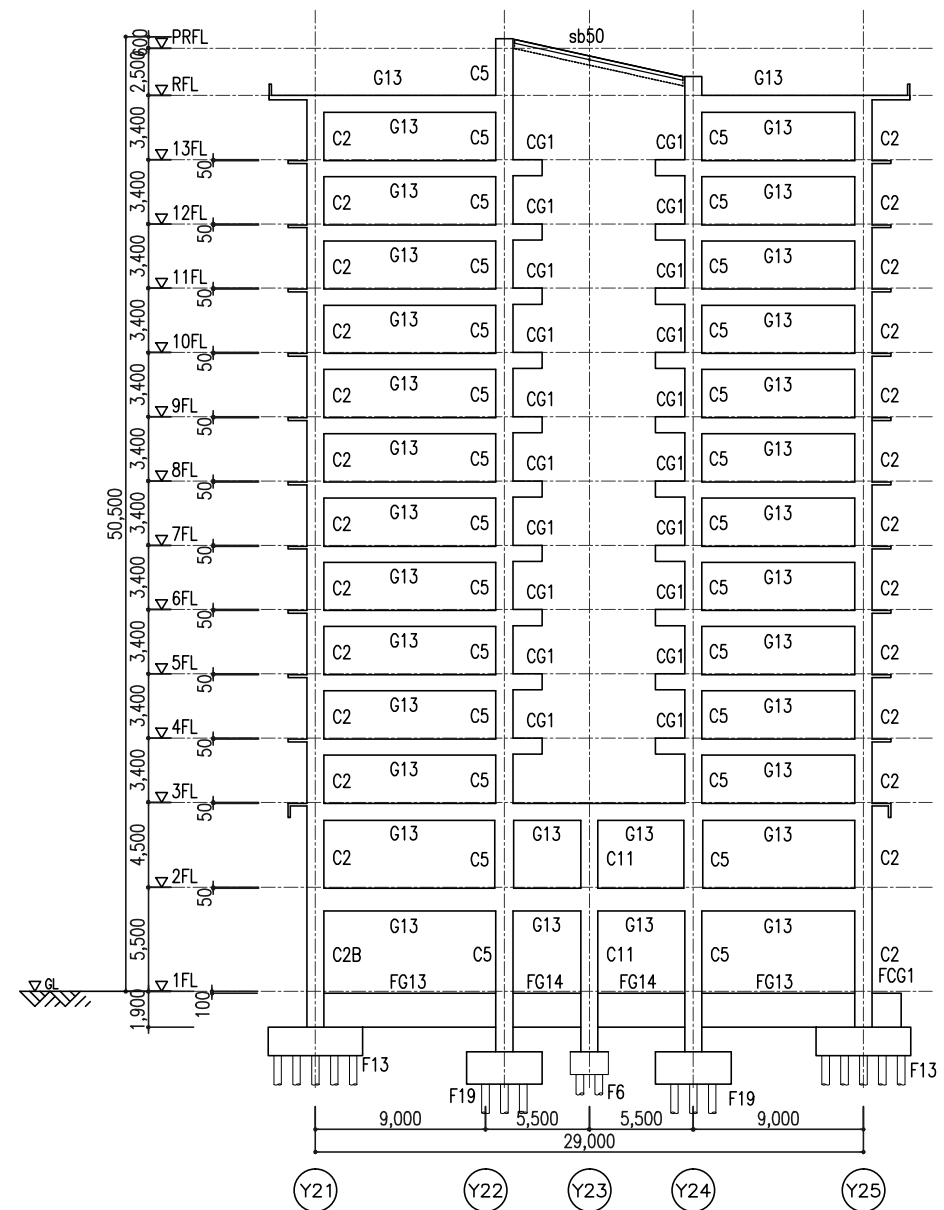
■ COLUMN TOP LEVEL RFL+600±2,500



REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS AS BUILT	DATE DRAWN 07-07-2014	APPROVED H.KATO	PROJECT TITLE PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	PROJECT NO. A-124	DRAWING NO. S-03
							DATE ISSUED 15-05-2016	PROJECT LEADER J. SAKAI			

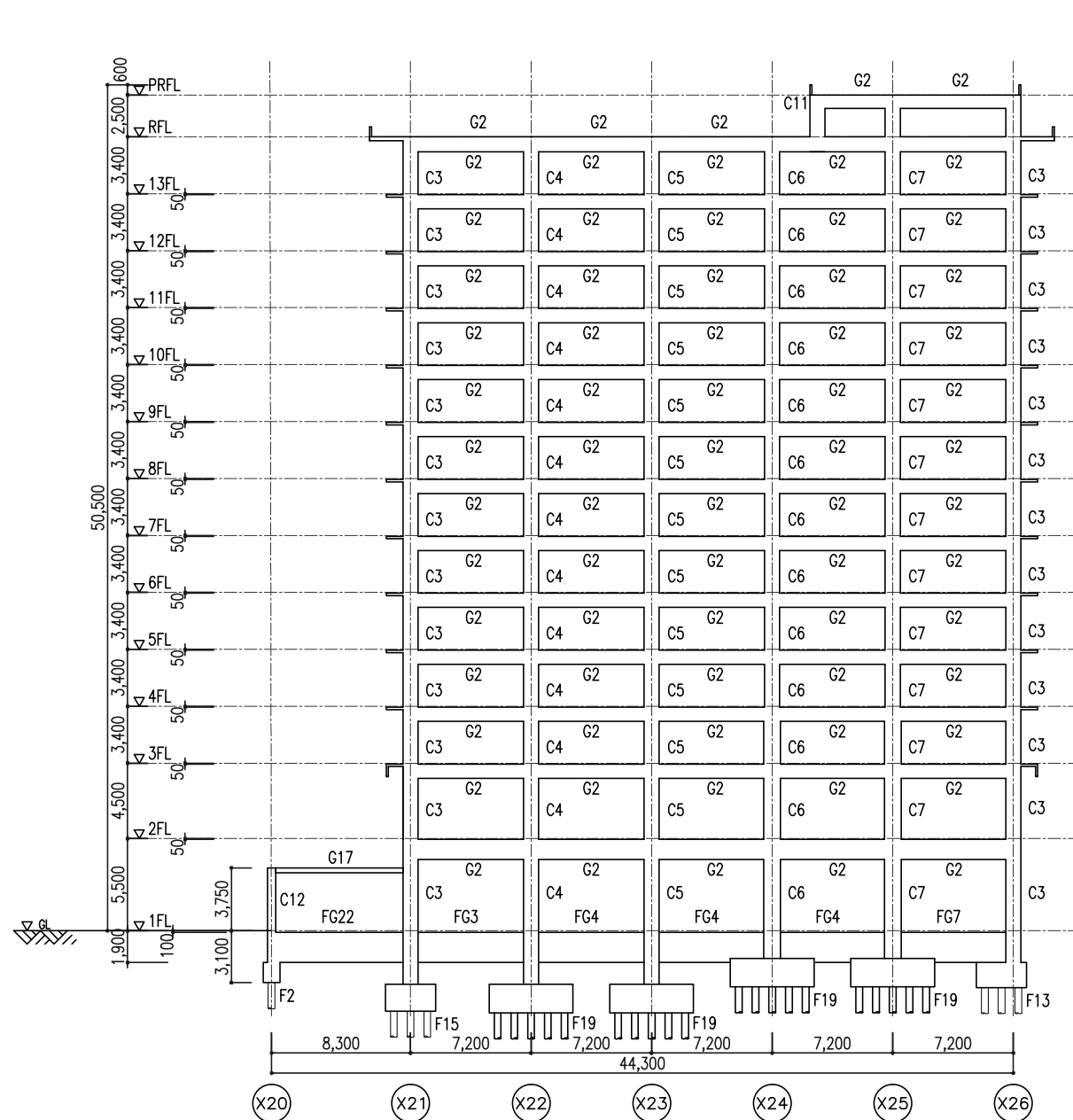


FRAMING LINE (X21) 1:400
RANGKA AS - X21

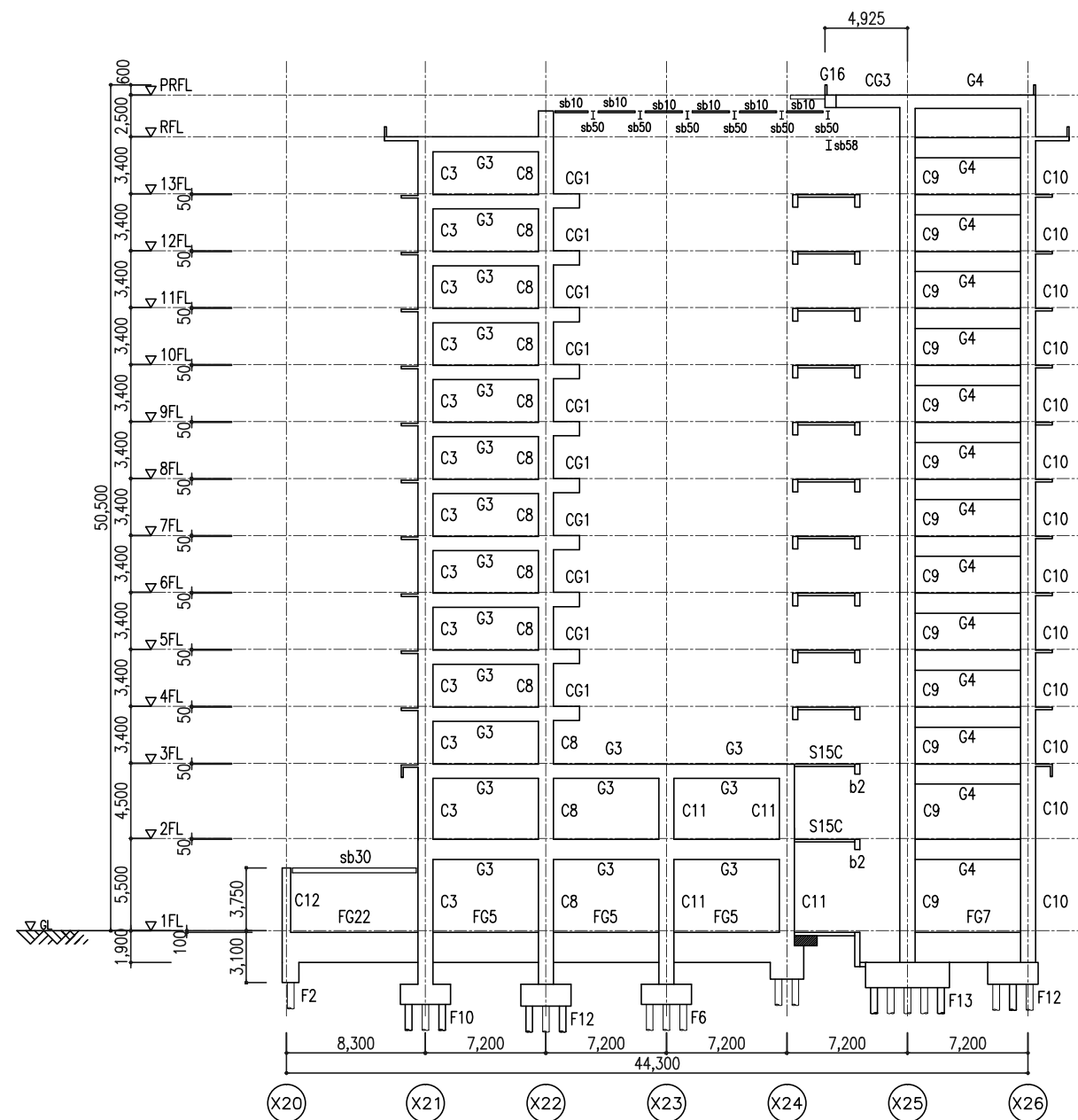


FRAMING LINE (X23) 1:400
RANGKA AS - X23

REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE	 PT. TAKENAKA INDONESIA	STATUS AS BUILT	DATE DRAWN 07-10-2014	APPROVED H.KATO	J. SAKAI	PROJECT TITLE PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	PROJECT NO. A-124	DRAWING NO. S-04
							DATE ISSUED 15-05-2016	PROJECT LEADER J. SAKAI	SUB -		DRAWN LESTARI	

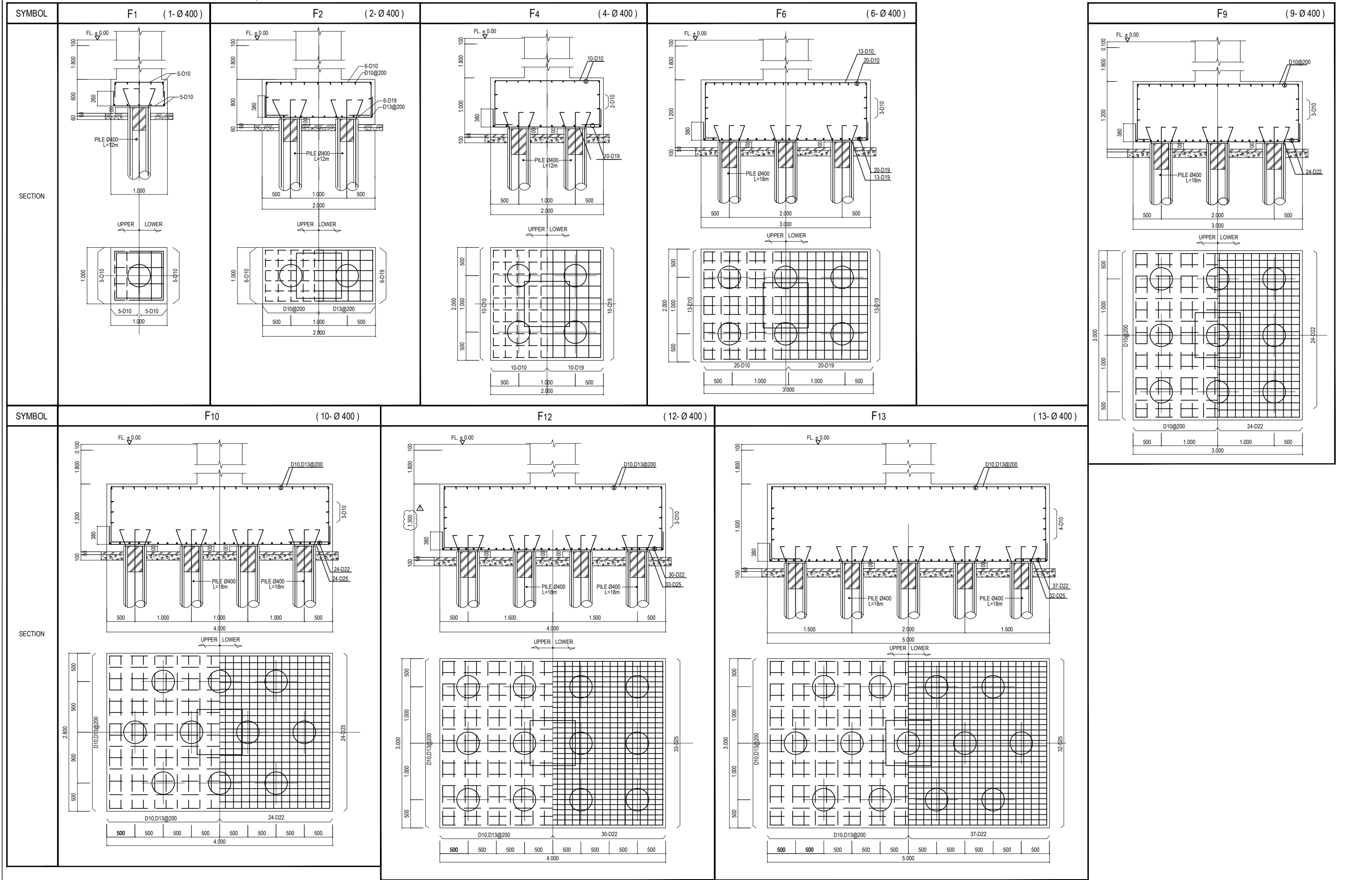


FRAMING LINE (Y22) 1:400
RANGKA AS - Y22

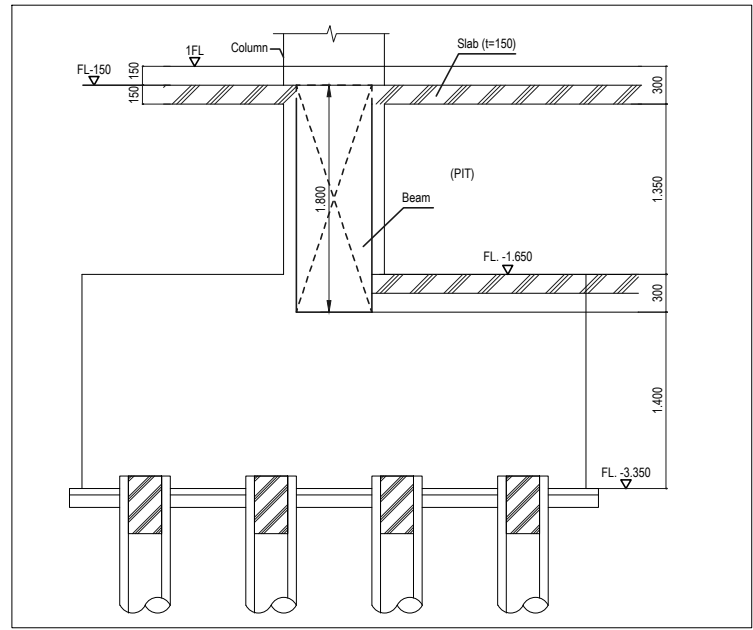
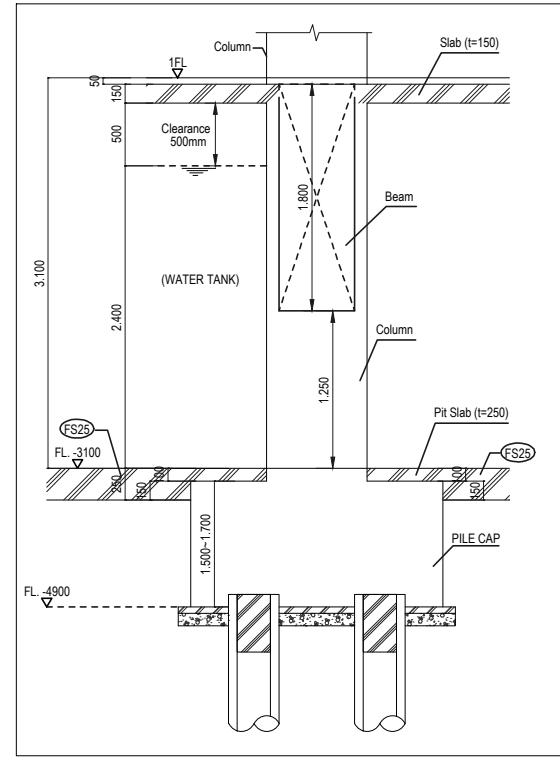
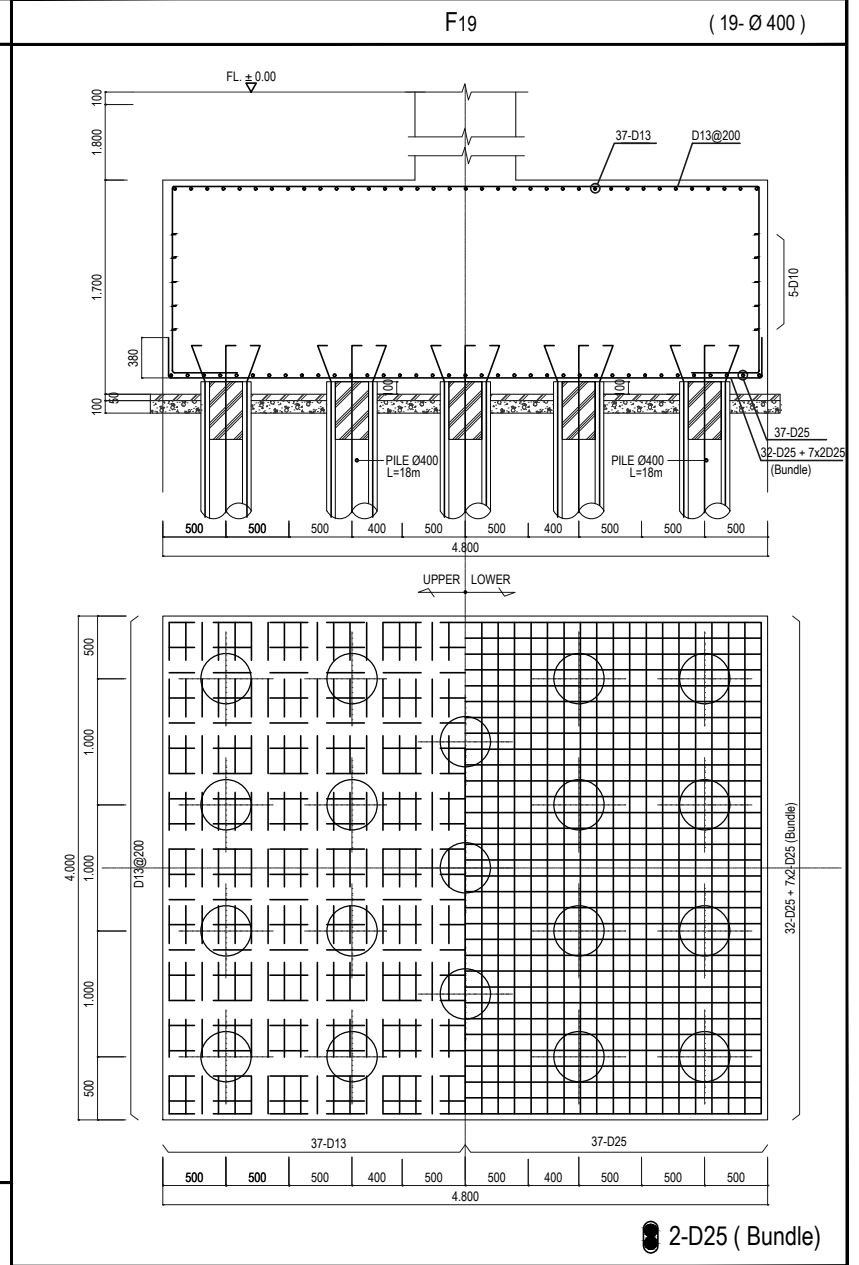
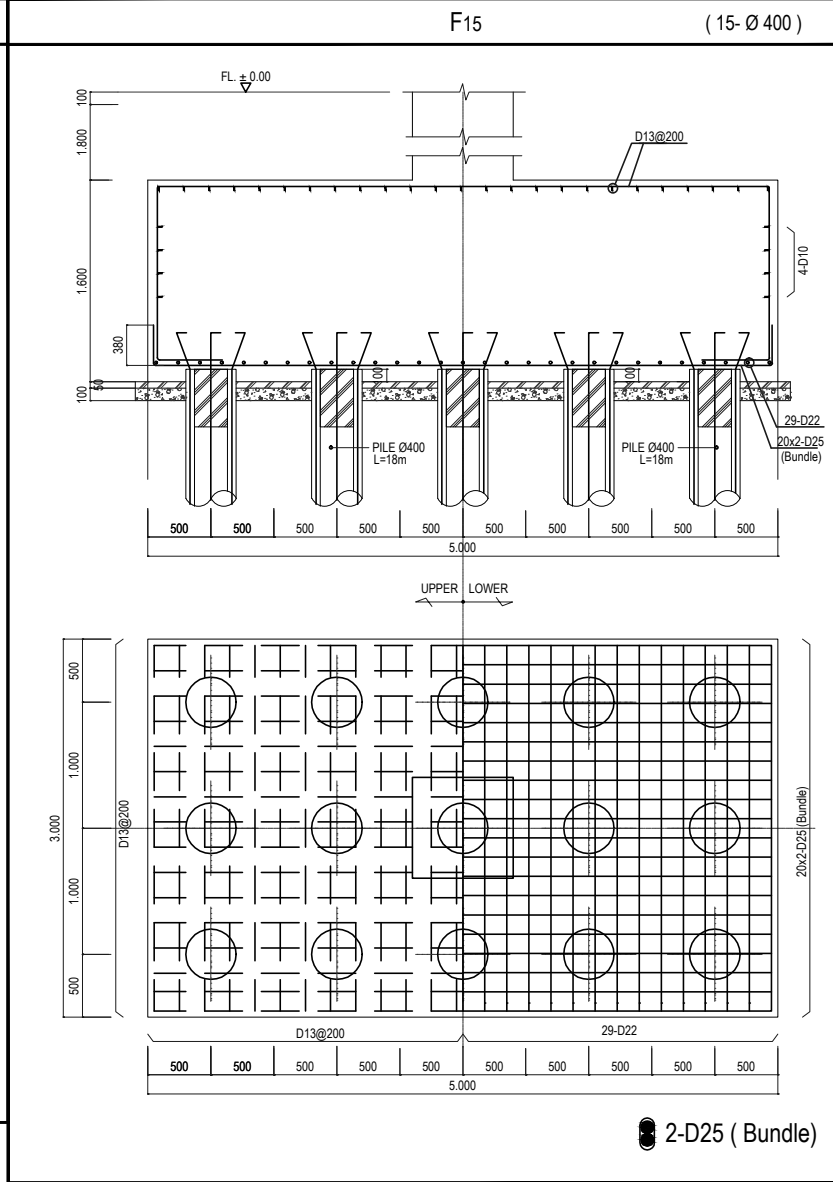
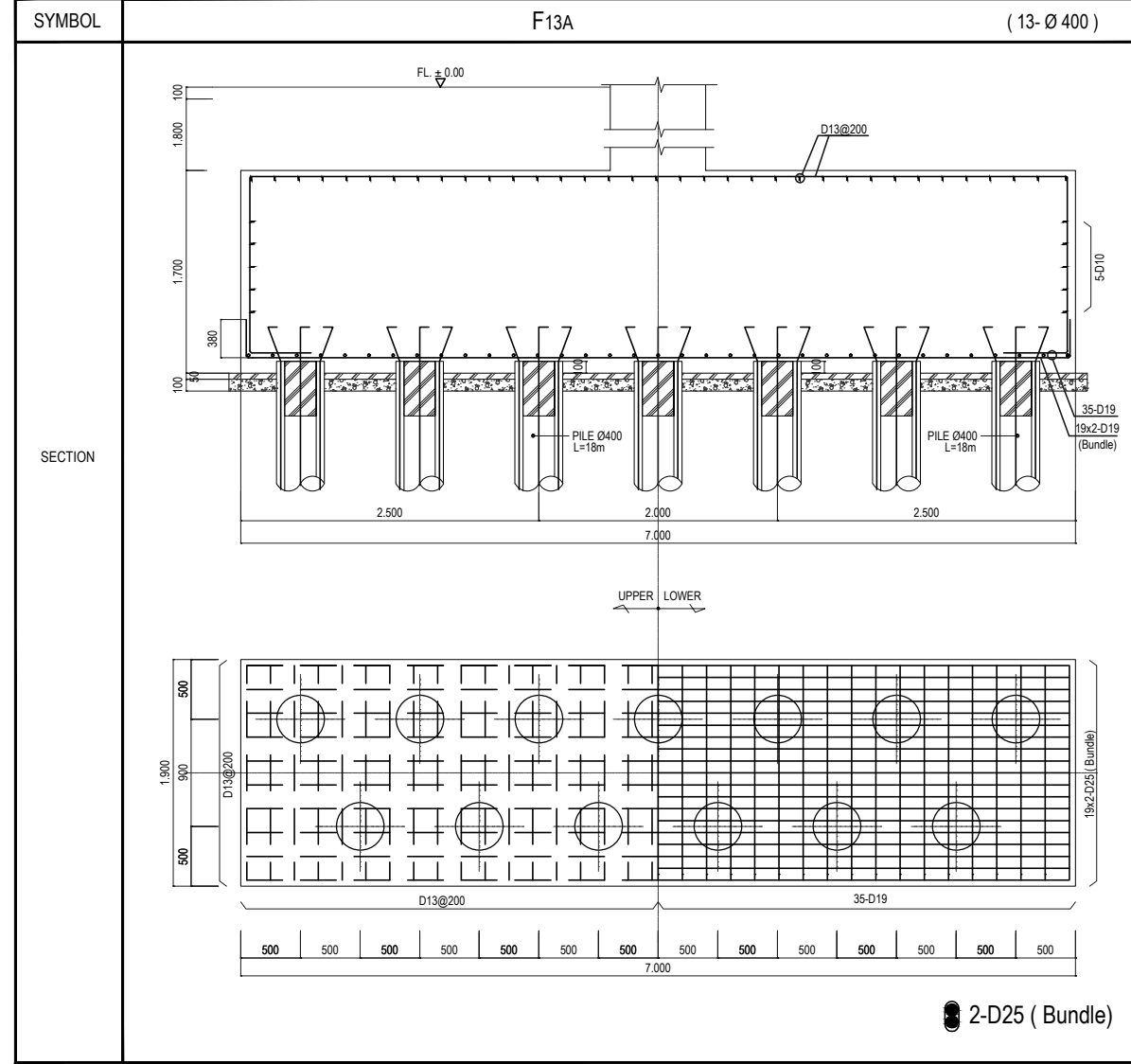


FRAMING LINE (Y23) 1:400
RANGKA AS - Y23

REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS	DATE DRAWN	APPROVED	PROJECT TITLE	PROJECT NO.	DRAWING NO.
						AS BUILT	12-10-2014	H.KATO J. SAKAI	PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	A-124	S-06
						DATE ISSUED	PROJECT LEADER	SUB	DRAWN	DRAWING TITLE	SCALE : 1:200 (A1) 1:400 (A3)
						15-05-2016	J. SAKAI	-	LESTARI	FRAMING - 3	



REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS	DATE DRAWN	APPROVED	PROJECT TITLE	PROJECT NO.	DRAWING NO.
						AS BUILT	09-08-2014	H.KATO	PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	A-124	S-07
							DATE ISSUED	PROJECT LEADER	DRAWING TITLE	SCALE	REVISION NO.
							15-05-2016	J. SAKAI	FOUNDATION MEMBER LIST - 1	1:30 (A1) 1:60 (A3)	-



REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS AS BUILT	DATE DRAWN 11-08-2014	APPROVED H.KATO J. SAKAI	PROJECT TITLE PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	PROJECT NO. A-124	DRAWING NO. S-08
							DATE ISSUED 15-05-2016	PROJECT LEADER J. SAKAI	SUB - LESTARI	DRAWING TITLE FOUNDATION MEMBER LIST - 2	SCALE : 1:30 (A1) 1:60 (A3)

FOUNDATION BEAM LIST

SYMBOL	FG1		FG2		FG3		FG4		FG5		FG6		FG7			
	8,600		7,200		8,600		7,200		7,200		7,200		7,200			
B x D	700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		1,100x1,800		1,200x1,800			
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END,CENTER	END (LINE X25)	END,CENTER	END (LINE X25)		
SECTION																
TOP BAR	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	10-D29	17-D29	14-D29	28-D29		
BOT BAR	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	10-D29	17-D29	14-D29	28-D29		
WEB BAR	3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		4x2-D13		4x2-D13			
STIRRUP	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100			
SYMBOL	FG11(FG11A)		FG12		FG13		FG14		FG15 (FG15A)		FG16		FG17		FG18	
SPAN	8,000		6,500		8,000		6,500		8,000		6,500		6,500		7,200	
B x D	700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		700x1,800		1,000x1,800	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END,CENTER	END,LINE 25		
SECTION																
	9-D29		9-D29		9-D29		9-D29		9-D29		9-D29		8-D29		10-D29	
	9-D29 (*8-D29)		9-D29		9-D29		9-D29		9-D29 (*8-D29)		9-D29		8-D29		10-D29	
	3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		4x2-D13		4x2-D13		4x2-D13	
	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100	
SYMBOL	FG21		FG22		FG23		FG24		FCG1	FG20	FB20					
SPAN	8,600		8,600		8,000,6500		8,000,6500		2,000	--	--					
B x D	350x1,800		350x1,800		350x1,800		350x1,800		450x1,000	450x600	550x600					
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	ALL	ALL	ALL					
SECTION																
	5-D29		5-D29		5-D29		5-D29		6-D29	4-D22	6-D25					
	5-D29		5-D29		5-D29		5-D29		6-D29	4-D22	6-D25					
	3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		3x2-D13		2x2-D13	--	--					
	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100	D13 □ @150	D13 □ @150					

FOUNDATION SUB BEAM LIST											
SYMBOL	Fb1		Fb2		Fb3	Fb4					
	8,600		8,600		7,200	7,200					
B x D	450x1,000		450x1,000		300x1,800	250x400					
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	ALL	ALL					
SECTION											
TOP BAR	6-D25	4-D29	6-D25	4-D29	2-D25	3-D16					
BOT BAR	4-D25	6-D29	4-D25	4-D29	2-D25	3-D16					
WEB BAR	2x2-D13		2x2-D13		3x2-D13	--					
STIRRUP	D13 □ @200		D13 □ @200		D13 □ @200	D10 □ @200					

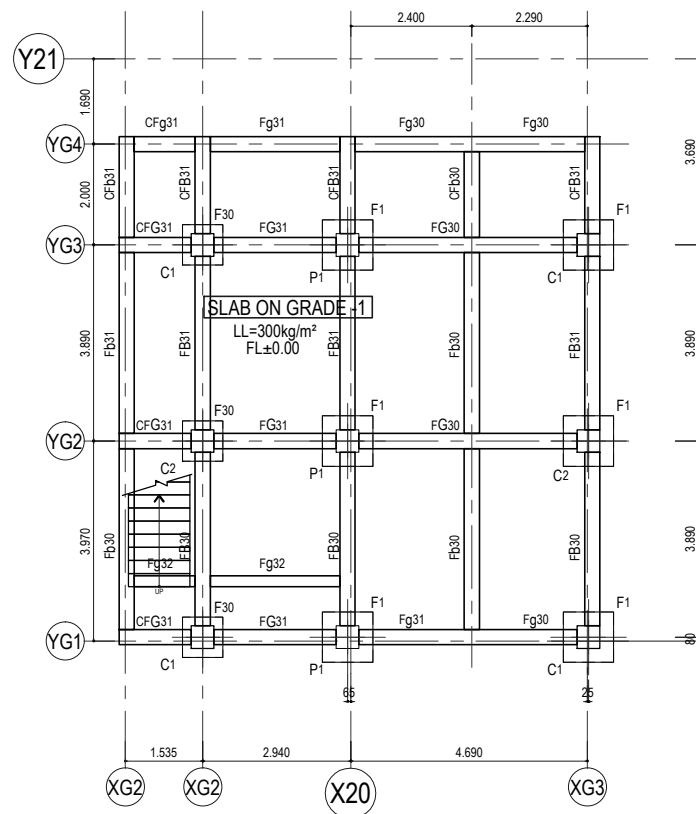
CONCRETE COLUMN LIST

UNLESS OTHERWISE NOTED
- CONCRETE USE K-350

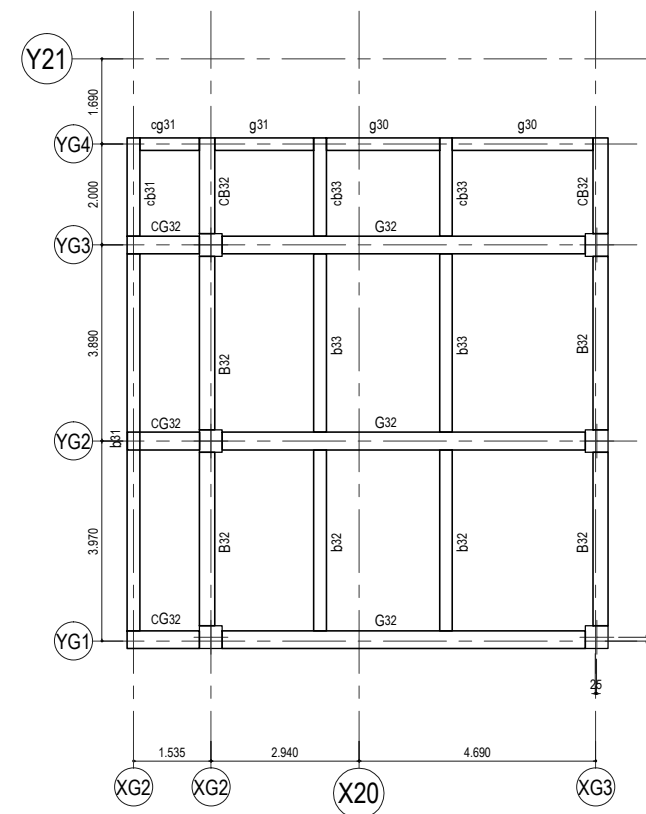
SYMBOL		C1	C1A	C1B	C1C	C2	C2A	C2B
FLOOR	SIZE	800x800	800x800	900x800	900x900	800x900	800x900	900x900
1 FL	UPPER SECTION							
	MAIN BAR	22-D29	22-D29	22-D29	22-D29	28-D29	28-D29	28-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
	SIZE	800x800	800x800	900x800	900x900	800x900	800x900	900x900
	LOWER SECTION							
MAIN BAR	22-D29	22-D29	22-D29	22-D29	28-D29	48-D29	28-D29	
HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	

SYMBOL		C3	C3A	C4	C5	C6	C6A
FLOOR	SIZE	900x800	900x800	900x1,000	900x900	1,000x900	1,000x900
1 FL	UPPER SECTION						
	MAIN BAR	30-D29	30-D29	28-D29	26-D29	26-D29	26-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
	SIZE	900x800	900x800	900x1,000	900x900	1,000x900	1,000x900
	LOWER SECTION						
MAIN BAR	60-D29	60-D29	28-D29	26-D29	26-D29	30-D29	
HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	

SYMBOL		C7	C8	C9	C10	C11	C12	C20
FLOOR	SIZE	1,000x900	900x900	900x900	800x800	800x900	500x500	350x350
1 FL	UPPER SECTION							
	MAIN BAR	28-D29	24-D29	20-D29	22-D29	28-D29	20-D29	8-D16
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [6,6] @100	D13 [2,2] @100	D10 [2,2] @150
	SIZE	1,000x900	900x900	900x900	800x800	800x900	500x500	350x350
	LOWER SECTION							
MAIN BAR	42-D29	24-D29	24-D29	34-D29	28-D29	20-D29	8-D16	
HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [6,6] @100	D13 [2,2] @100	D10 [2,2] @150	

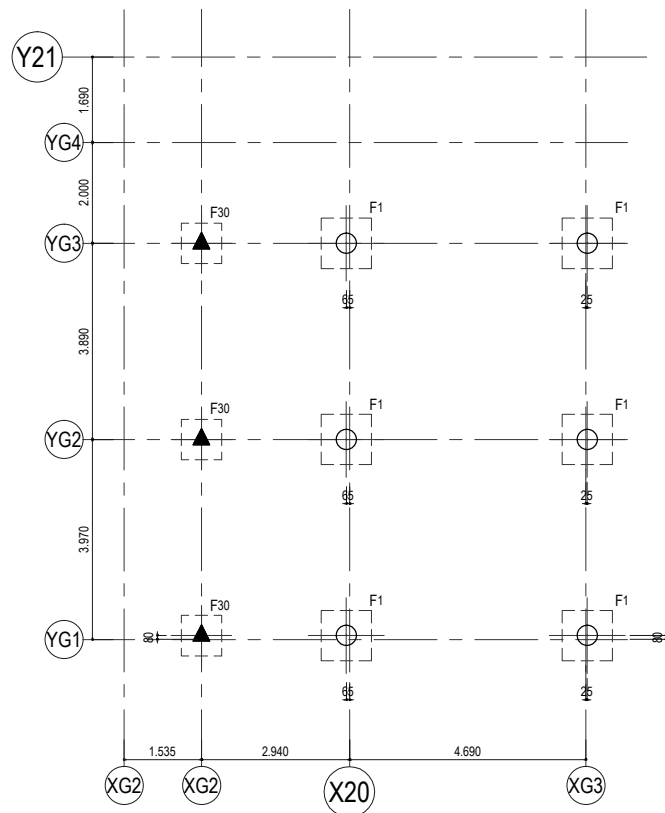


FOUNDATION PLAN 1:150
DENAH PONDASI



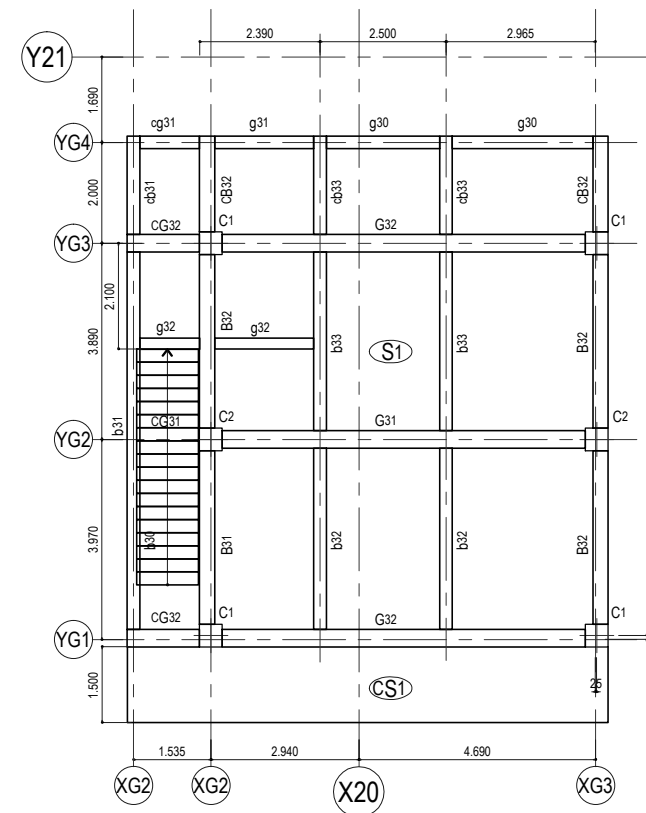
ROOF PLAN 1:150
DENAH ATAP

*UNLESS OTHERWISE NOTED USE : SLAB=S1



PILE PLAN 1:150
DENAH TITIK PANCANG

NOTES :
 ⊕ = SPUN PILE Ø 400, L= 12m , Capacity P=25 ton
 ▲ = MINI PILE 320, L= 12m , Capacity P=30 ton

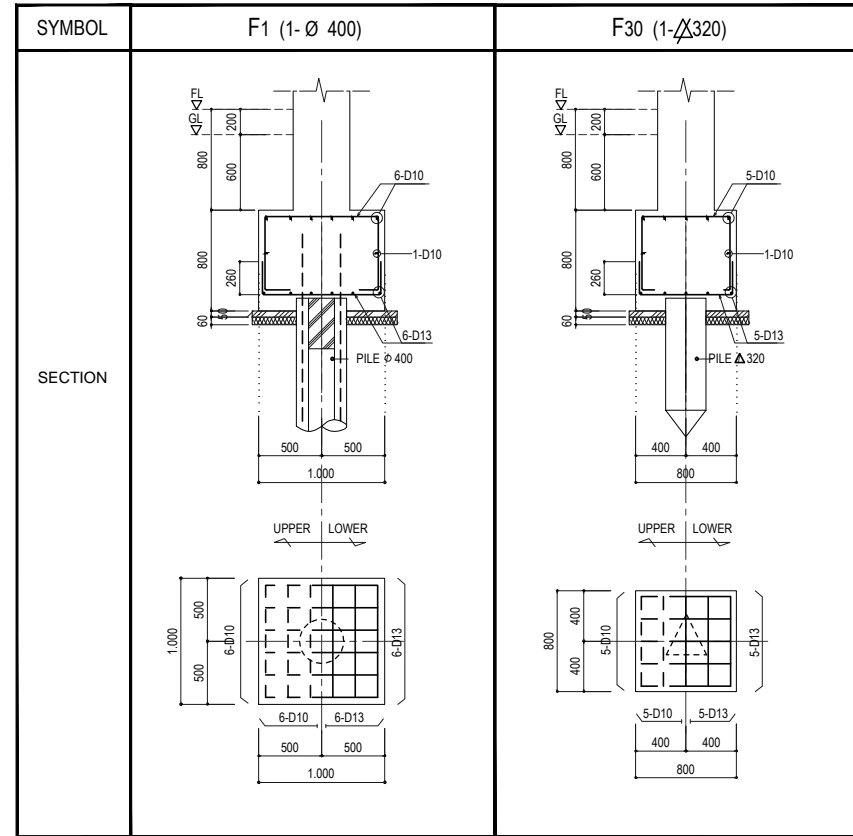


2nd FLOOR PLAN 1:150
DENAH LANTAI 2

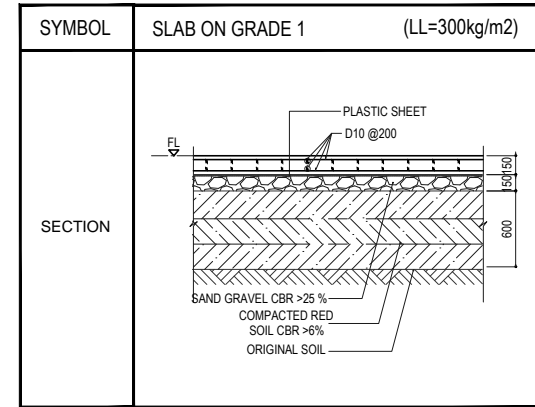
*UNLESS OTHERWISE NOTED USE : SLAB=S1

REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS AS BUILT	DATE DRAWN 7-07-2015	APPROVED H.KATO	PROJECT TITLE PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	PROJECT NO. A-124	DRAWING NO. S-100
							DATE ISSUED 15-05-2015	PROJECT LEADER J. SAKAI			

FOUNDATION LIST 1:60



SLAB LIST 1:60



CONCRETE COLUMN LIST 1:60

SYMBOL	C1	C2	P1 (Pedestal)
B x D	500x500	500x500	500x500
SPAN			
SECTION			
MAIN BAR	6-D22	10-D22	6-D22
HOOP	--	--	--
TIE BAR	D10@100	D10@100	D10@100

* Pilecap to 1FL

FOUNDATION BEAM LIST 1:60

SYMBOL	FB30 / FG30			FB31 / FG31		CFB31	Fg30 / Fb30	CFg31 / CFB31	Fb31 / Fg31			Fg32	
SPAN	--			--		--	--	--	--			--	
BxD	350 x 500			350 x 500		350 x 500	250 x 400	250 x 400	250 x 400			220 x 400	
POSITION	CENT	CENT	END (XG2)	END (XG1)	CENT	END (X20)	ALL	ALL	ALL	END (XG1)	CENT	END (XG0)	ALL
SECTION													
TOP BAR	2-D22	2-D22	3-D22	4-D22	2-D22	2-D22	4-D22	2-D19	3-D19	3-D19	2-D19	2-D19	2-D16
BOT BAR	2-D22	2-D22	3-D22	3-D22	2-D22	2-D22	3-D22	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	2-D16
WEB BAR	D10@200			D10@200		D10@200	D10@200	D10@200	D10@200	D10@200			D10@200

GIRDER LIST 1:60

SYMBOL	G31			G32			g30 / b30	g31			Cg31
SPAN											
BxD	400 x 650			350 x 650			250 x 400	250 x 400			250 x 400
POSITION	END (XG1)	CENT	END (XG2)	END (XG1)	CENT	END (XG2)	ALL	END (XG1)	CENT	END (XG0)	ALL
SECTION											
TOP BAR	5-D22	3-D22	4-D22	4-D22	2-D22	3-D22	2-D19	3-D19	2-D19	2-D19	3-D19
BOT BAR	5-D22	4-D22	2-D22	4-D22	3-D22	2-D22	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19
WEB BAR	2-D10			2-D10			--	--			--
STIRRUP	D10 □@200			D10 □@200			D10 □@200	D10 □@200			D10 □@200

SYMBOL	B31			B32			b32	b33			cb33	b31			cb31
SPAN															
BxD	350 x 650			350 x 650			300 x 450	300 x 450			300 x 450	300 x 600			300 x 600
POSITION	END (YG1)	CENT	END (YG2)	END (YG2)	CENT	END (YG3)	END (YG2)	END (YG2)	CENT	END (YG3)	ALL	END (YG1)	CENT	END (YG2)	ALL
SECTION															
TOP BAR	4-D22	2-D22	3-D22	3-D22	2-D22	3-D22	2-D19	2-D19	2-D19	4-D19	4-D19	2-D19	2-D19	3-D19	3-D19
BOT BAR	2-D22	2-D22	2-D22	2-D22	2-D22	2-D22	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	2-D19	3-D19	2-D19	2-D19
WEB BAR	2-D10			2-D10			--	2-D10			--	2-D10			2-D10
STIRRUP	D10 □@200			D10 □@200			D10 □@200	D10 □@200			D10 □@200	D10 □@200			D10 □@200

SLAB LIST 1:60

SYMBOL	S1 (LL=300kg/m2)
SECTION	

CANOPY LIST 1:60


SYMBOL	CS1
SECTION	

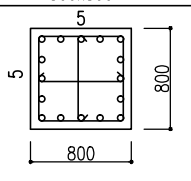
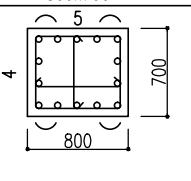
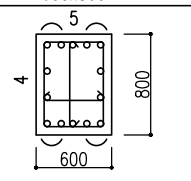
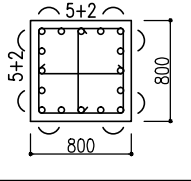
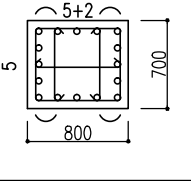
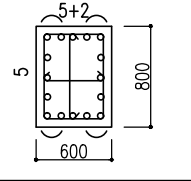
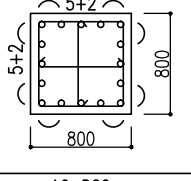
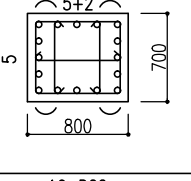
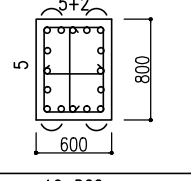
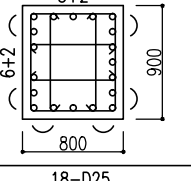
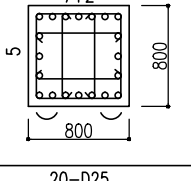
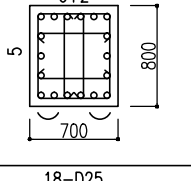
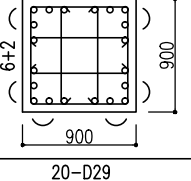
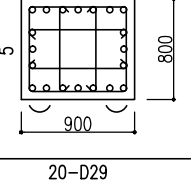
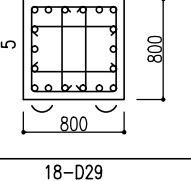
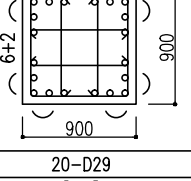
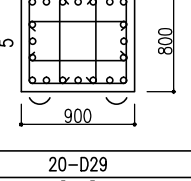
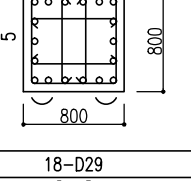
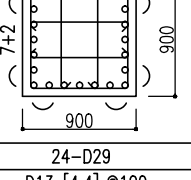
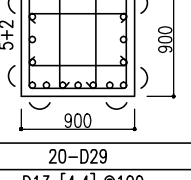
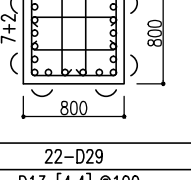
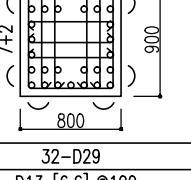
CONCRETE COLUMN LIST



UNLESS OTHERWISE NOTED
- CONCRETE USE K-250

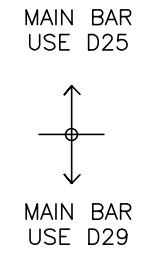
SYMBOL		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
FLOOR	SIZE	800x800	800x600	600x800	700x800	700x800	700x800	800x800
12-R	SECTION							
	MAIN BAR	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22
	HOOP	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100
11	SECTION							
	MAIN BAR	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22	16-D22
	HOOP	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100
REBAR D22 7-10 FOR 7,8F USE (K-300)	SECTION							
	MAIN BAR	16-D22	16-D22	16-D22	18-D22	18-D22	18-D22	20-D22
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
REBAR D25 5-6 USE (K-300)	SECTION							
	MAIN BAR	16-D25	16-D25	18-D25	18-D25	18-D25	18-D25	20-D25
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
REBAR D29 4 USE (K-300)	SECTION							
	MAIN BAR	16-D29	20-D29	20-D29	24-D29	24-D29	24-D29	24-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
3 USE (K-300)	SECTION							
	MAIN BAR	16-D29	20-D29	20-D29	24-D29	24-D29	24-D29	24-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100
2 USE (K-350)	SECTION							
	MAIN BAR	22-D29	28-D29	30-D29	28-D29	26-D29	26-D29	28-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100

CONCRETE COLUMN LIST  UNLESS OTHERWISE NOTED
- CONCRETE USE K-250

SYMBOL		C8	C9	C10	C11A
FLOOR	SIZE	800x800	800x700	600x800	
12-13,R	SECTION				
	MAIN BAR	16-D22	14-D22	14-D22	
	HOOP	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	D13 [3,3] @100	
11	SECTION				
	MAIN BAR	16-D22	16-D22	16-D22	
	HOOP	D13 [3,3] @100	D13 [4,4] @100	D13 [3,3] @100	
7-10	SECTION				
	MAIN BAR	16-D22	16-D22	16-D22	
	HOOP	D13 [3,3] @100	D13 [4,4] @100	D13 [3,3] @100	
5-6 USE (K-300)	SECTION				
	MAIN BAR	18-D25	20-D25	18-D25	
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	
4 USE (K-300)	SECTION				
	MAIN BAR	20-D29	20-D29	18-D29	
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	
3 USE (K-300)	SECTION				
	MAIN BAR	20-D29	20-D29	18-D29	
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	
2 USE (K-350)	SECTION				
	MAIN BAR	24-D29	20-D29	22-D29	32-D29
	HOOP	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [4,4] @100	D13 [6,6] @100

GIRDER LIST UNLESS OTHERWISE NOTED
-CONCRETE USE K-250

SYMBOL		G1		G2		G3		G11		G12		G12A		G13			
FLOOR	SPAN	-		-		-		-		-		-		-			
	B x D	450x900		450x900		450x900		450x900		450x900		450x850		450x900			
	POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		
R	SECTION																
	TOP BAR	4-D25	3-D25	5-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25		
	BOT BAR	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25		
	WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10			
	STIRRUP	D13 □ @150		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100			
	B x D	450x900		450x900		450x900		450x900		450x900		450x900		450x850		450x900	
	POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		
12, 11,3	SECTION																
	TOP BAR	6-D25	4-D25	7-D25	4-D25	4-D25	3-D25	5-D25	4-D25	7-D25	4-D25	7-D25	4-D25	5-D25	3-D25		
	BOT BAR	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	3-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	4-D25	3-D25		
	WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10			
	STIRRUP	D13 □ @150		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100			
	B x D	550x900		550x900		550x900		550x900		550x900		550x850		550x900			
	POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		
11	SECTION																
	TOP BAR	5-D29	3-D29	7-D29	4-D29	4-D29	3-D29	5-D29	3-D29	7-D29	4-D29	7-D29	4-D29	5-D29	3-D29		
	BOT BAR	4-D29	3-D29	5-D29	4-D29	4-D29	3-D29	4-D29	3-D29	5-D29	4-D29	5-D29	4-D29	4-D29	3-D29		
	WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10			
	STIRRUP	D13 □ @150		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100			
	B x D	550x900		550x900		550x900		550x900		550x900		550x850		550x900			
	POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		
10	SECTION																
	TOP BAR	8-D29	5-D29	10-D29	5-D29	6-D29	3-D29	6-D29	3-D29	9-D29	5-D29	9-D29	5-D29	6-D29	3-D29		
	BOT BAR	5-D29	5-D29	7-D29	5-D29	4-D29	3-D29	4-D29	3-D29	5-D29	5-D29	5-D29	5-D29	4-D29	3-D29		
	WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10			
	STIRRUP	D13 □ @150		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100			
	B x D	550x900		550x900		550x900		550x900		550x900		550x850		550x900			
	POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		



GIRDER LIST -CONCRETE USE K-250

SYMBOL	G2		G14A		G16		CG3	
FLOOR	-		6,500		13,000		4,500	
SPAN	-		6,500		13,000		4,500	
B x D	350x750		350x750		650x750		850x750	
POSITION	ALL		ALL		END	CENTER	END	TIP
SECTION								
TOP BAR	3-D25		3-D25		10-D25	6-D25	15-D29	8-D29
BOT BAR	3-D25		3-D25		6-D25	10-D25	12-D29	6-D29
WEB BAR	2-D10		2-D10		2-D10		2-D10	
STIRRUP	D13 □ @150		D13 □ @150		D13 □ @150		D13 □ @200	

SYMBOL	G14		G14A		G15		CG1	
FLOOR	8,000		6,500		4,500		2,150	
SPAN	8,000		6,500		4,500		2,150	
B x D	450x900		450x850		450x900		500x750, 600	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER		
SECTION								
TOP BAR	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25		
BOT BAR	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25		
WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2-D10	
STIRRUP	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @	

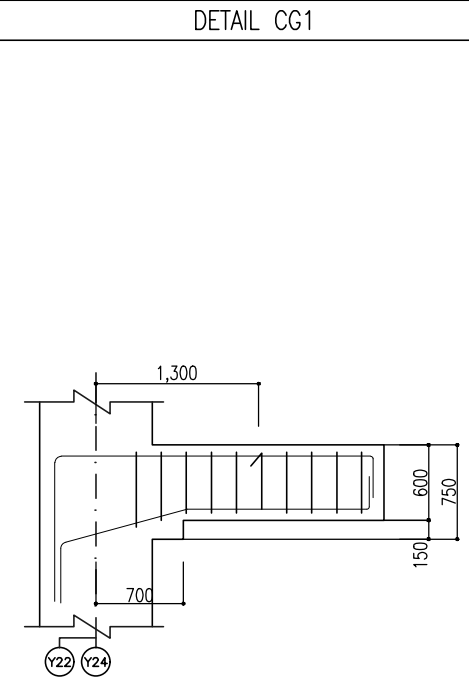
SYMBOL	1 ² ₁₃		11		10		10	
FLOOR	-		-		-		-	
SPAN	-		-		-		-	
B x D	450x900		450x850		450x850		500x750, 600	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	TIP
SECTION								
TOP BAR	5-D25	3-D25	6-D25	3-D25	5-D25	3-D25	6+2-D25	4-D25
BOT BAR	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	3-D25	4-D25	4-D25
WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2-D10	
STIRRUP	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @	

SYMBOL	11		10		10		10	
FLOOR	-		-		-		-	
SPAN	-		-		-		-	
B x D	550x900		550x850		550x900		550x750, 600	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	TIP
SECTION								
TOP BAR	5-D29	3-D29	6-D29	3-D29	6-D29	3-D29	6-D29	3-D29
BOT BAR	4-D29	3-D29	4-D29	3-D29	4-D29	3-D29	3-D29	3-D29
WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2-D10	
STIRRUP	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @	

SYMBOL	10		10		10		10	
FLOOR	-		-		-		-	
SPAN	-		-		-		-	
B x D	550x900		550x850		550x900		550x750, 600	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	TIP
SECTION								
TOP BAR	7-D29	4-D29	11-D29	4-D29	8-D29	5-D29	6-D29	3-D29
BOT BAR	5-D29	4-D29	5-D29	4-D29	5-D29	5-D29	3-D29	3-D29
WEB BAR	2x2-D10		2x2-D10		2x2-D10		2-D10	
STIRRUP	D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @100		D13 □ @	

SYMBOL	G2A		
FLOOR	-		
SPAN	-		
B x D	750x900		
POSITION	END	CENTER	END
SECTION			
TOP BAR	9-D25	5-D25	6-D25
BOT BAR	5-D25	5-D25	5-D25
WEB BAR	2x2-D10		
STIRRUP	D13 □ @200		

DETAIL CG1



MAIN BAR
USE D25



MAIN BAR
USE D29

SUB BEAM LIST (A1 1:30, A3 1:60) UNLESS OTHERWISE NOTED - CONCRETE USE: K-250

SYMBOL	b0	b1		b2	b3		b4		b5		b6		b7		b8	
SPAN	-	7,200		6,400	8,000		8,000		7,200		7,200		7,200		9,000	
BXD	300x600	350x800		300x600	400x800		300x800		300x750		400x750		400x600		350x600	
POSITION	ALL	END	CENTER	ALL	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER
POSITION																
TOP BAR	3-D22	4-D22	3-D22	3-D22	(6) 4-D22	3-D22	4-D22	3-D22	4-D22	3-D22	4-D22	4-D22	5-D22	3-D22	3-D22	3-D22
BOT BAR	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	6-D22	3-D22	5-D22	3-D22	5-D22	4-D22	7-D22	3-D22	7-D22	3-D22	5-D22
WEB BAR	2-D10	2-D10		2-D10	2-D10		2-D10		2-D10		2-D10		2-D10		2-D10	
STIRRUP	D10 [2] @200	D10 [2] @200		D10 [2] @200	D13 [2] @200		D10 [2] @200		D10 [2] @200		D13 [2] @200		D13 [2] @200		D10 [2] @200	

SYMBOL	b11		b12 (for RF)		b13 (for RF)		b14 (for RF)		b15		b16		b17	
SPAN	-		8,000		6,500		-		9,000		400x1,100		7,200, 8,300	
BXD	350x750		300x850		300x850		300x850		350x850		400x1,100		450x550	
POSITION	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER	END	CENTER
POSITION														
TOP BAR	4-D22	3-D22	6-D22	3-D22	6-D22	3-D22	4-D22	3-D22	4-D22	4-D22	5-D22	5-D22	6-D22	3-D22
BOT BAR	3-D22	5-D22	3-D22	5-D22	3-D22	3-D22	3-D22	6-D22	4-D22	8-D22	5-D22	10-D22	3-D22	5-D22
WEB BAR	2-D10		2-D10		2-D10		2-D10		2-D10		2x2-D10		-	
STIRRUP	D10 [2] @200		D10 [2] @200		D10 [2] @200		D10 [2] @200		D10 [2] @200		D13 [2] @200		D13 @200	

SYMBOL	b1A		
SPAN	7,200		
BXD	450x850		
POSITION	(x2) END	CENTER	(x2) END
POSITION			
TOP BAR	5-D22	5-D22	8-D22
BOT BAR	4-D22	5-D22	4-D22
WEB BAR	2-D10		
STIRRUP	D13 [2] @200		

STEEL BEAM LIST (A1 1:30, A3 1:60) UNLESS OTHERWISE NOTED - STEEL USE SS400

SYMBOL	sb10	sb25	sb30	sb50	sb58	X1
SECTION						
MEMBER	H-100x100x6x8	H-250x125x6x9	H-300x150x6.5x9	H-500x200x10x16	H-588x300x12x20	ROUND BAR=# 20
GR	9x80	6x180	9x240	12x400	16x480	9
H.T.B.	1+1-M16	2-M20 @100	3-M20 @80	5-M20 @80	6-M20 @80	1-M20(STB)
NOTE	-					

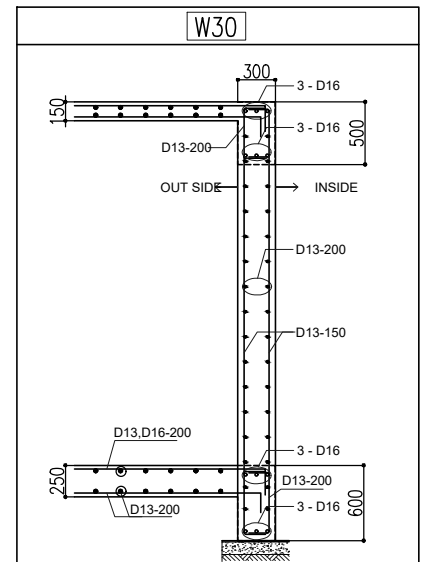
WALL LIST

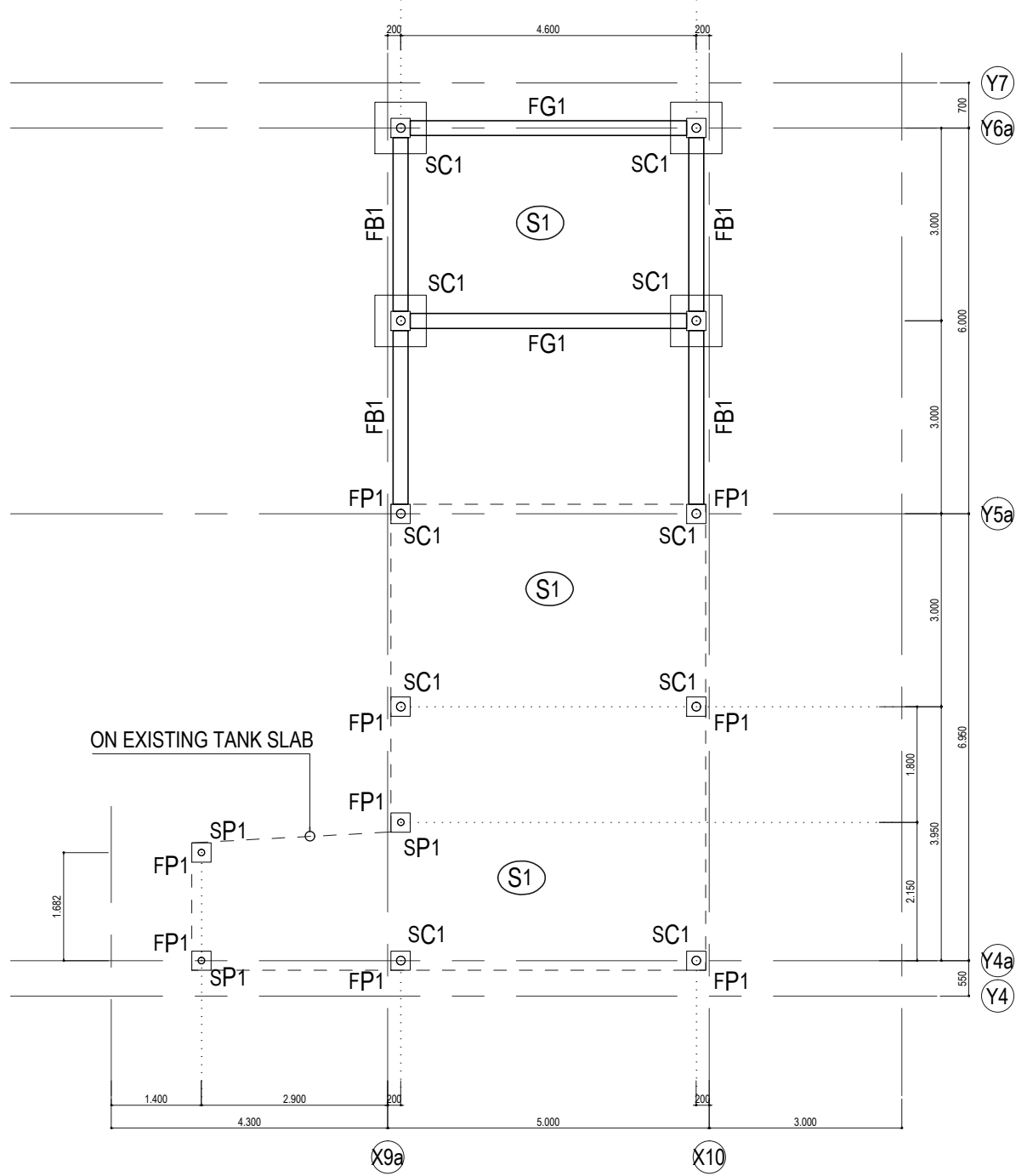
(A1 1:30, A3 1:60) UNLESS OTHERWISE NOTED - CONCRETE USE K-250

SYMBOL	W20
SECTION	
VERTICAL BAR	D13@200 DOUBLE
HORIZONTAL BAR	D13@200 DOUBLE
OPENING	V 2-D16
REINFORCEMENT BAR	H 2-D13 D 2-D13

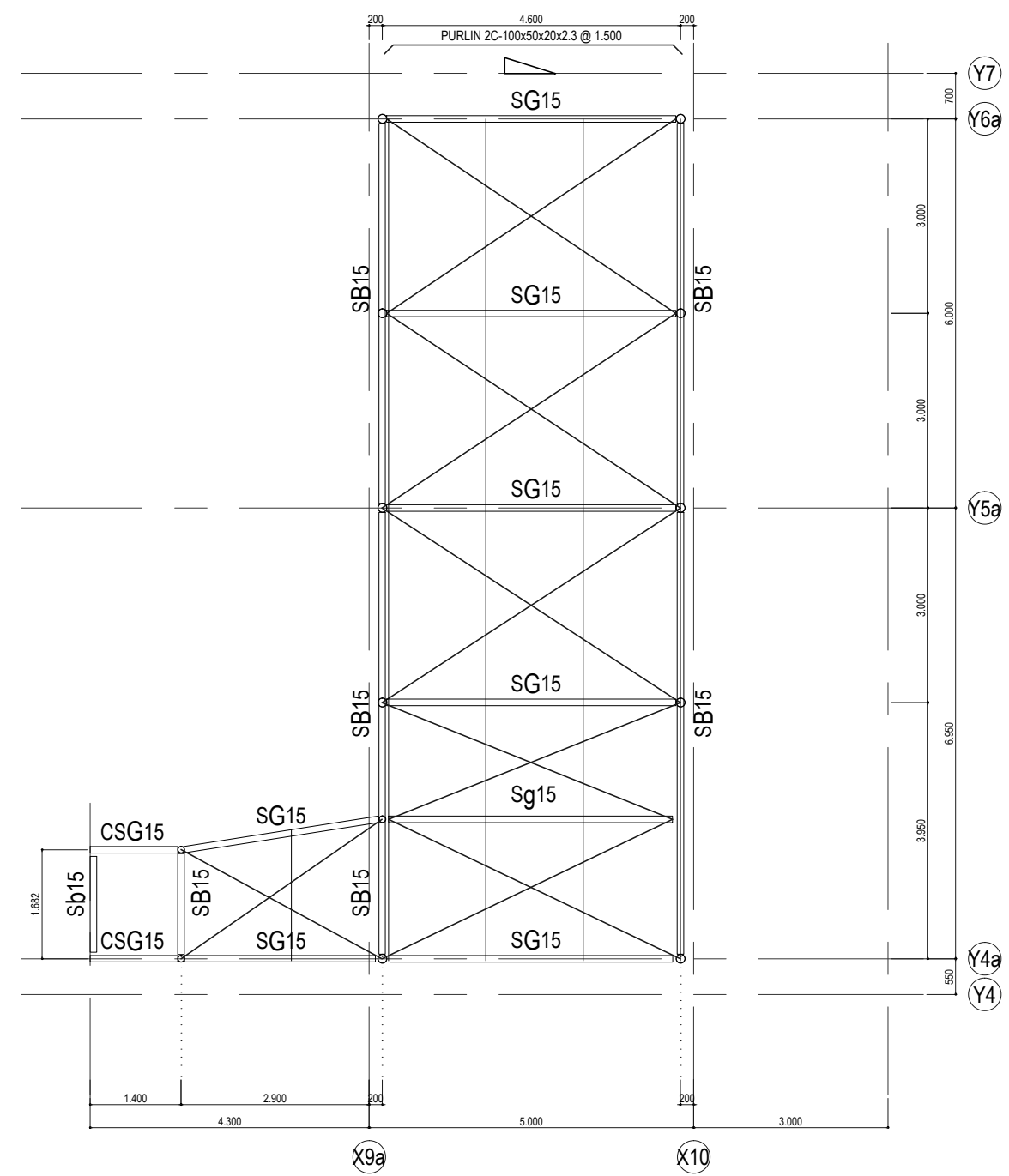
SLAB LIST (A1 1:30, A3 1:60) UNLESS OTHERWISE NOTED - CONCRETE USE K-250

(S15)	(S15A)	(S15B)	(S15C)	(S18)	(S20)	(S22)	(S22A)
(cS1)	(cS2)	(cS3)	(FS25)	<p>SLAB ON GRADE 1 (SOG1)</p> <p>SAW CUT JOINT @5.000, D=20mm</p>			

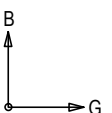




FOUNDATION PLAN 1:100
DENAH PONDASI



ROOF PLAN 1:100
DENAH ATAP



REVISION	DATE	DATE	DATE	DATE		STATUS	DATE DRAWN	APPROVED	PROJECT TITLE	PROJECT NO.	DRAWING NO.
						AS BUILT	10-11-2015	H.KATO	PT. TTL RESIDENCES CIKARANG HOTEL RESIDENCE PHASE-2	A-124	S-400
							15-05-2016	J. SAKAI	SHION ADD. RESTAURANT FOUNDATION & ROOF PLAN	SCALE : 1:75_(A1) 1:150_(A3)	

FOUNDATION LIST 1:50

SYMBOL	F1	FP1
SECTION		

FOUNDATION BEAM LIST 1:60

SYMBOL	FB1, FG1
SPAN	--
BxD	230 x 400
POSITION	ALL
SECTION	
TOP BAR	2-D16
BOT BAR	2-D16
WEB BAR	--
STIRRUP	D10@200

SLAB LIST 1:60

SYMBOL	S1
SECTION	
REINF. CONCRETE	D10, D13@200
SAND GRAVEL CBR >25	D10@200
COMPACTED RED SOIL CBR >6%	
ORIGINAL SOIL	

STEEL COLUMN LIST 1:60

SYMBOL	SC1	SP1
SECTION		
MEMBER	PIPE Ø 139.8 t= 4.5 mm	PIPE Ø 101.6 t= 3.2 mm
SECTION BR		
BR	16x300x300	16x300x300
HTB	4-Ø16(L=665)	4-Ø16(L=665)
NOTE	DOUBLE NUTS	DOUBLE NUTS

STEEL SUB BEAM LIST 1:60

SYMBOL	sG15, sB15, cSG15	sg15, sb15	Pr1
SECTION			
MEMBER	H-150x75x5x7	H-150x75x5x7	C-100x50x20x2.3 @1.500
GR		6x110	GR-6
HTB	RIGID JOINT	2-M16@40	2-M12 (STB)
NOTE			



PRODUCT DATA SHEET

Edition 12.2018/v1
CSC Master Format™ 03 25 00
COMPOSITE REINFORCING

Sika® CarboDur®

CARBON FIBER LAMINATE FOR STRUCTURAL STRENGTHENING

Description	Sika® CarboDur® is a pultruded carbon fiber reinforced plastic (CFRP) laminate designed for strengthening concrete, timber and masonry structures. Sika® CarboDur® is bonded onto the structure as external reinforcement using Sikadur®-30 epoxy resin as the adhesive.
Where to Use	<ul style="list-style-type: none"> ▪ External reinforcement of existing structures. ▪ Structures requiring additional loading capacity. ▪ Correct design/construction errors. ▪ Damaged structures from corrosion, fire, impact or aging. ▪ Change in use of buildings. ▪ Building code compliance. ▪ Modifications to structure (i.e. removal of slabs, wall or columns). ▪ Seismic upgrade.
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Very high strength. ▪ Lightweight. ▪ Non-corrosive. ▪ Unlimited lengths. ▪ Minimal preparation of laminates. ▪ Very easy to install, especially overhead. ▪ High modulus of elasticity. ▪ Outstanding fatigue resistance. ▪ Alkali resistant.

Technical Data

Packaging	Roll Thickness 1.2, 1.3, 1.4 and 2.5 mm (0.047, 0.051, 0.055 and 0.098 in) available in any length up to 250 m (820 ft)
Colour	Black
Shelf Life	Unlimited (no exposure to direct sunlight)

Properties at 23 °C (73 °F) and 50 % R.H.

Fiber Volumetric Content*	> 68 %	
Temp. Resistance	150 °C (302 °F)	
Sika® CarboDur®	Type S	Type M
Modulus of Elasticity*, GPa (psi)	165 (23.9 x 10 ⁶)	210 (30.5 x 10 ⁶)
Tensile Strength*, GPa (psi)	2.8 (40.6 x 10 ⁴)	2.4 (34.8 x 10 ⁴)
Elongation at Break*	> 1.7 %	> 1.35 %
Apparent Density, g/cm³ (lb/ft³)	1.5 (93.6)	1.6 (99.9)

*Mechanical value obtained from longitudinal direction of fibers.

Type	Width	Thickness	Cross Sectional Area
Sika® CarboDur® S, E-Modulus > 165 GPa (23.9 x 10⁶ psi)			
	mm (in)	mm (mils)	mm ² (in ²)
Sika® CarboDur® S1.525*	15 (0.59)	2.5 (100)	37.5 (0.058)
Sika® CarboDur® S2.025*	20 (0.79)	2.5 (100)	50 (0.077)
Sika® CarboDur® S512	50 (1.97)	1.2 (47.2)	60 (0.093)
Sika® CarboDur® S812	80 (3.15)	1.2 (47.2)	96 (0.149)
Sika® CarboDur® S1012	100 (3.94)	1.2 (47.2)	120 (0.186)
Sika® CarboDur® S1014*	100 (3.94)	1.4 (47.2)	140 (0.217)
Sika® CarboDur® S1214*	120 (4.72)	1.4 (55.1)	168 (0.260)
Sika® CarboDur® S1512	150 (5.91)	1.2 (47.2)	180 (0.279)

Sika® CarboDur® M, E-Modulus > 210 GPa (30.5 x 10⁶ psi)

Sika® CarboDur® M614*	60 (2.36)	1.4 (55.1)	84 (0.130)
Sika® CarboDur® M914*	90 (3.54)	1.4 (55.1)	126 (0.195)
Sika® CarboDur® M1014*	100 (3.94)	1.4 (55.1)	140 (0.217)
Sika® CarboDur® M1214*	120 (4.72)	1.4 (55.1)	168 (0.260)

*Consult Sika Canada for product availability

Product properties are typically averages, obtained under laboratory conditions. Reasonable variations can be expected on-site due to local factors, including environment, preparation, application, curing and test methods.

HOW TO USE**Surface****Preparation**

Surface must be clean and sound. It may be dry or damp, but free of standing water. Remove dust, laitance, grease, curing compounds, impregnations, waxes, foreign particles, disintegrated materials, and other bond inhibiting materials from the surface. Existing uneven surfaces must be filled with an appropriate repair mortar (i.e. Sikadur®-30 with the addition of 1 part sand). The adhesive strength of the concrete must be verified after surface preparation by random pull off testing (ACI 503R) at the discretion of the engineer. Minimum tensile strength: 1.5 MPa (218 psi) with concrete substrate failure.

Planeness of substrate to be checked with a metal batten. Tolerance for 2 m (6.5 ft) length max. 10 mm (3/8 in), or 2.5 mm (3/32 in) for 50 cm (20 in) length respectively.

Concrete: Blast clean, shotblast or use other approved mechanical means to provide an open roughened texture.

Steel: Sandblast to white metal finish.

Timber: Plane, sand or grind. Remove all dust from the surface with an industrial vacuum cleaner.

CarboDur®: Surface should be wiped clean using an appropriate cleaner. Using a clean white cloth, wipe down the side receiving the adhesive (this side is not labeled) with acetone until all residual carbon dust is removed (i.e. white cloth remains white after wiping the laminate). In case where the design requires “stacking” of the strips, the bottom surface of the strip (labeled) should be lightly sanded (emery paper type 180) and wiped clean, prior to the second strip application.

Mixing

Consult Sikadur®-30 Product Data Sheet for information on epoxy resin.

Application

Apply the neat mixed Sikadur®-30 onto the concrete with a trowel or spatula to a nominal thickness of 1.5 mm (1/16 in). Apply the mixed Sikadur®-30 onto the CarboDur® laminate with a ‘roof-shaped’ spatula to a nominal thickness of 1.5 mm (1/16 in). Within the epoxy open time and depending on the temperature, place CarboDur® laminate onto the concrete surface. Using a hard rubber roller, press the laminate into the epoxy resin until the adhesive is force out on both sides. Remove excess adhesive. Glue line should not exceed 3 mm (1/8 in). The laminate must not be disturbed for a minimum of 24 hours. The epoxy will reach its design strength after 7 days.

Limitations

- Design calculations must be made and certified by an independent licensed professional engineer. Sika Canada cannot, and will not determine the locations, spacing and orientation of the CarboDur® System on the actual projects.
- Sika® CarboDur® has no plastic deformation reserve. Therefore, the maximum bending resistance of a strengthened section is reached when laminate failure occurs during steel yield and before concrete failure. The mode of failure is influenced by the laminate cross-section. To limit crack widths and deformation, the yield point should not be reached in the reinforcing bars in service conditions.
- Any shear crack must be prevented from causing displacement on the strengthened surface and shearing of the laminate. Stress and deformation calculations can be made by the normal methods. They should be verified in accordance with appropriate codes and standards.

Health and Safety Information

For information and advice on the safe handling, storage and disposal of chemical products, users should refer to the most recent SAFETY DATA SHEET containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN
FOR INDUSTRIAL USE ONLY

The Information, and in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions, within their shelflife. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any recommendations, or from any other advice offered. The information contained herein does not relieve the user of the products from testing them for the intended application and purpose. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request or may be downloaded from our website at: www.sika.ca

SIKA CANADA INC.**Head Office**

601, avenue Delmar
Pointe-Claire, Quebec
H9R 4A9

Other locations

Toronto
Edmonton
Vancouver

1-800-933-SIKA
www.sika.ca

Certified ISO 9001 (CERT-0102780)
Certified ISO 14001 (CERT-0102791)

PRODUCT DATA SHEET

Edition 12.2017/v1
CSC Master Format™ 03 25 00
COMPOSITE REINFORCING

SikaWrap®-900 C

CARBON FIBRE FABRIC FOR STRUCTURAL STRENGTHENING

Description	SikaWrap®-900 C is a uni-directional, fleece stabilised and stitched, heavy carbon fibre fabric for the wet application process of structural strengthening.
Where to Use	<p>Strengthening of reinforced concrete, masonry, brick and timber structures to increase flexural and shear load capacity for:</p> <ul style="list-style-type: none"> Prevention of defects caused by seismic events. Blast mitigation (accidental or terrorism). Improvement of seismic performance of masonry walls. Substitution of missing reinforcing steel. Increasing strength and ductility of columns. Increasing loading capacity of structural elements. Changes in building use. Remedying structural design and construction defects. Improving serviceability. Structural upgrading to comply with codes or standards.
Advantages	<ul style="list-style-type: none"> Multifunctional use in virtually every aspect of strengthening. Produced with a stabilising fleece to keep the fabric sure. Flexibility of surface geometry accommodates beams, columns, chimneys, piles, walls, and silos. Low density minimising additional weight. Non-corrosive. Alkali resistant. Low aesthetic impact. Economical compared to traditional techniques of strengthening. Product recognized by the British Columbia Ministry of Transportation (BC MoT).

Technical Data

Packaging	Rolls: 300 mm x 30 m (11,8 in x 98 ft), two rolls per carton
Colour	Black
Shelf Life	Unlimited. Store dry between 5 and 32 °C (41 and 89 °F) and protect from damage or contamination.

Fibre Properties

Primary fibre direction	0° (unidirectional: fleece stitched in weft direction with white stitch yarn [4 % of total areal weight])		
Carbon content	96 % (warp mid strength carbon fibres)		
Tensile strength	3800 MPa (551 Ksi)		
Tensile modulus	242 GPa (35 Msi)		
Elongation	1.55 %		
Density	1.8 g/cm³ (0.065 lb/in³)		
Areal weight	900 g/m² (1.66 lb/yd²) +/- 45 g/m² (0.08 lb/yd²) total areal weight 865 g/m² (1.59 lb/yd²) +/- 45 g/m² (0.08 lb/yd²) carbon fibre content		
Fabric design thickness	0.48 mm (0.0189 in) based on fibre content		
Electrical resistivity	0.00155 ohm-cm (0.00061 ohm-in)		

Laminate Properties with Sikadur®-300 Epoxy [21 to 24 °C (70 to 75 °F)/5 days]

Property	Average value ¹		Design value ²		ASTM Test Method
	MPa	(psi)	MPa	(psi)	
Tensile strength³	1120	(1.62 x 10 ⁵)	1012	(1.47 x 10 ⁵)	D3039
Tensile modulus	100 000	(14.5 x 10 ⁶)	94 000	(13.63 x 10 ⁶)	D3039
Tensile elongation	1.1 %	(1.1 %)	0.98 %	(0.98 %)	D3039
Ply thickness	1.3 mm	(0.05 in)	1.3 mm	(0.05 in)	-
Tensile strength per inch width	37 kN	(8313 lbf)	33.4 kN	(7512 lbf)	D3039

¹Average values derived from test series.

²Average values minus 2 standard deviations.

³Tensile strength values represent ultimate strengths.

Product properties are typically averages, obtained under laboratory conditions. Reasonable variations can be expected on-site due to local factors, including environment, preparation, application, curing and test methods.

HOW TO USE

Surface Preparation

Prepare the concrete surface by sandblasting or grinding (CSP 3 - 4 as per ICRI). Remove any dust or loose particles by means of an industrial vacuum cleaner. The surface must be clean, free from grease and oil and should be dry with the maximum substrate moisture content of < 4 % by weight.

The surface to be bonded must be level, with no irregularities or protrusion > 0.5 mm (20 mils). Larger deviations must be levelled with Sikadur®-30, extended with (mix. ratio 1:1 parts by volume) oven-dried silica sand for thicknesses over 3 mm (1/8 in).

The concrete adhesive strength must be verified following surface preparation by random pull-off testing (ACI 503R) at the engineer's discretion. Minimum tensile strength, 1.5 MPa (218 psi) with concrete substrate failure. All corners of the structure must be rounded to a radius of 20 mm (4/5 in).

Mixing

Consult Sikadur®-300 or Sikadur®-330 Product Data Sheets for information on epoxy resin.

Application

Cutting SikaWrap®

Fabric can be cut to appropriate length using commercial quality, heavy-duty scissors. Since dull or worn cutting implements can damage, weaken or fray the fibre, their use should be avoided.

Priming and Saturating

Prior to placing the fabric, prime concrete with Sikadur®-300 or Sikadur®-330 (Sikadur®-330 provides improved 'tack' adhesion, especially useful for overhead or similarly demanding applications). Sikadur® products may be spray, brush or roller applied. Saturate the SikaWrap®-900 C using Sikadur®-300 epoxy. For best results on larger projects, the saturation process should be accomplished using an AMI Custom Fabric Saturator or similar device. In special cases, where the size of the project does not justify the use of a saturator, the fabric may be saturated by hand using a roller or a spatula, prior to placement.

Protection and overlayment

At low temperatures and/or high relative humidity it may be longer than 12 hours for the surface may become slightly tacky (amine blush). Before laying up another layer of fabric or a coating, the tackiness must be removed. This can be accomplished by washing the surface with a wet sponge or rinsing with water. To avoid this phenomenon, use the **SikaWrap® Peel Ply** (please see below).

To prevent exposure of the strengthening fabric to direct sunlight, top coat with Sikagard®-550 W Elastic, Sikagard® Color A50 Lo-VOC or other acceptable product. To adhere cementitious top coat systems to the cured epoxy, apply an additional layer of epoxy (15 - 20 mils) and blind (broadcast) the surface with silica sand to promote adhesion before coating.

SikaWrap® Peel Ply

If the product needs to be overcoated either with a coating (Sikagard®, etc.) or with an extra layer of fabric passing the overlay delay, apply the SikaWrap® Peel Ply **immediately after the fabric installation**, in order to protect and provide a textured surface (consult SikaWrap® Peel Ply Product Data Sheet for more informations).

Limitations

- Design calculations for the SikaWrap®-900 C system must be made and certified by an independent, licensed professional engineer.
- Minimum radius for application around corners must be > 20 mm (4/5 in).
- Overlapping of the fabric in the fibre direction must be at least 200 mm (8 in)
- Side by side application of fabric requires no overlap in the weft direction.
- Overlap joints in multiple layers must be evenly positioned about the circumference of columns.
- The SikaWrap®-900 C system constitutes a vapour barrier.
- Protect the SikaWrap®-900 C system from UV using Sikagard®-550 W Elastic or a similarly compatible Sika® coating.
- Installation of the SikaWrap®-900 C system should only be performed by specially trained and Sika Canada recommended contractors.

Health and Safety Information

For information and advice on the safe handling, storage and disposal of chemical products, users should refer to the most recent SAFETY DATA SHEET containing physical, ecological, toxicological and other safety-related data.

KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN
FOR INDUSTRIAL USE ONLY

The Information, and in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Sika products, are given in good faith based on Sika's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions, within their shelflife. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any recommendations, or from any other advice offered. The information contained herein does not relieve the user of the products from testing them for the intended application and purpose. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject to our current terms of sale and delivery. Users must always refer to the most recent issue of the local Product Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request or may be downloaded from our website at: www.sika.ca

SIKA CANADA INC.

Head Office
601, avenue Delmar
Pointe-Claire, Quebec
H9R 4A9

Other locations
Toronto
Edmonton
Vancouver

1-800-933-SIKA
www.sika.ca

Certified ISO 9001 (CERT-0102780)
Certified ISO 14001 (CERT-0102791)