



TUGAS AKHIR – RC141501

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN  
SNI 2847:2013**

FAIZAH SYAHIDAH  
NRP 3114 106 023

Dosen Pembimbing I  
Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC141501

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013**

FAIZAH SYAHIDAH

NRP 3114 106 023

Dosen Pembimbing I

Prof. Taviero, ST, MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC141501

**STUDY COMPARATIVE OF DESIGN STRUCTURE USING  
BUILDING FRAME SYSTEM WITH DUAL SYSTEM  
ACCORDING TO SNI 1726:2012 AND SNI 2847:2013**

**FAIZAH SYAHIDAH  
NRP 3114 106 023**

Supervisor I  
Prof. Taviero, ST, MT., Ph.D

Supervisor II  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI  
2847:2013**

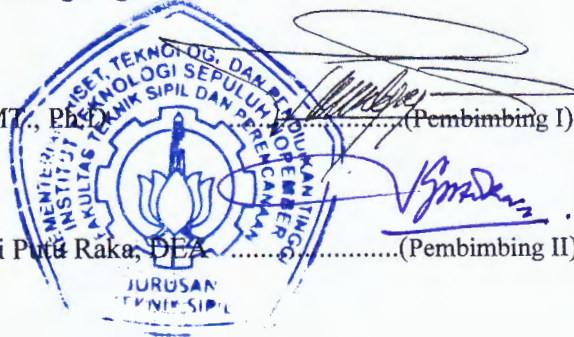
**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**FAIZAH SYAHIDAH**  
NRP. 3114 106 023

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA (Pembimbing II)



**SURABAYA  
Januari, 2017**

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI  
2847:2013**

**Nama Mahasiswa : Faizah Syahidah**  
**NRP : 3114106023**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS**  
**Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D**  
**Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA**

**Abstrak**

*Sistem rangka gedung adalah sistem struktur dimana gaya lateral akibat gempa dominan dipikul oleh dinding geser. Sedangkan sistem ganda ialah sistem struktur dimana gaya lateral akibat gempa dipikul oleh dinding geser dan sekurang-kurangnya 25% dipikul oleh sistem rangka pemikul momen. Sebagai seorang engineer dalam mendesain suatu gedung diperlukan pemilihan sistem struktur mana yang memiliki desain yang lebih menguntungkan dan optimal dari segi struktural. Maka dalam studi ini dilakukan perbandingan desain struktur antara kedua sistem struktur tersebut dengan membandingkan volume beton dan volume tulangan dari kedua sistem struktur tersebut. Dari hasil studi didapatkan volume beton sistem ganda lebih besar yaitu  $616,35 \text{ m}^3$  sedangkan sistem rangka gedung sebesar  $527,26 \text{ m}^3$ . Namun volume tulangan sistem rangka gedung lebih besar yaitu 714,9 ton dibandingkan volume tulangan sistem ganda yaitu 683,27 ton. Dari rasio volume tulangan dengan volume beton didapatkan rasio untuk sistem rangka gedung lebih besar yaitu 1,356 sedangkan sistem ganda 1,109 sehingga dapat dikatakan pada gedung tinjauan dengan tinggi bangunan 38 m, sistem ganda lebih optimal digunakan.*

**Kata Kunci : Sistem Rangka Gedung, Sistem Ganda, Dinding Geser**

**STUDY COMPARATIVE OF DESIGN STRUCTURE  
USING BUILDING FRAME SYSTEM WITH DUAL  
SYSTEM ACCORDING TO SNI 1726:2012 AND SNI  
2847:2013**

**Name** : Faizah Syahidah  
**NRP** : 3114106023  
**Department** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Supervisors** : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D  
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, DEA

**Abstract**

*Building frame system is a system structures that lateral forces caused by the earthquake predominantly borne by shear wall. While dual system is a system structure that lateral force caused by the earthquake borne by shear wall and at least 25% is borne by moment-resisting frame system. As an engineer in designing a building is required to select system which structure has a design that is more profitable and optimal structural terms. So in this study conducted a comparison between two systems structural design of these structures by comparing volume of concrete and reinforcement from each structural system. From the study results obtained volume of concrete from dual system is 616,35 m<sup>3</sup>, larger than building frame system that is 527,67 m<sup>3</sup>. However, volume of reinforcement from building frame system more than dual system. That is 741,9 tons for building frame and 683,27 tons for dual system. So reinforcement ratio obtained from building frame system is 1,356, larger than dual system that is 1,109. It can be said the review of buildings which height is 38 m, dual system is more optimal.*

**Key Word : Building Frame System, Dual System, Shear Wall**

## KATA PENGANTAR

Pertama-tama mari kita panjatkan Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyusunan Tugas Akhir ini dimaksudkan sebagai hasil studi mengenai perbandingan sistem struktur. Dengan adanya Tugas Akhir ini diharapkan bermanfaat bagi para pembaca.

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini melibatkan banyak kontribusi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan keluarga atas dukungan dan doa yang diberikan.
2. Bapak Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing I
3. Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka selaku dosen pembimbing II
4. Teman – teman seperantauan LJ PNJ-ITS dan seperjuangan Lintas Jalur 2014 Genap

Semoga mereka semua yang berperan membantu senantiasa diberikan kesehatan dan rahmat dari Allah SWT, serta diberi balasan yang berlipat ganda. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Mohon maaf sebesar-sebesarannya karena keterbatasannya ilmu yang penulis miliki. Semoga laporan ini dapat berguna bagi penulis pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Rangka Gedung .....	6
2.3 Sistem Ganda.....	7
2.4 Dinding Geser .....	9
2.5 Analisa Beban Gempa Dinamik .....	11
2.6 Persyaratan Penulangan Dinding Struktur Khusus.....	20
2.7 Persyaratan Penulangan Balok .....	21



2.8 Persyaratan Penulangan Kolom.....	24
2.9 Persyaratan Penulangan Hubungan Balok Kolom .....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1 Skema Penelitian .....	29
3.2 Studi Literatur .....	30
3.3 Variabel Desain .....	30
3.4 Data Perencanaan .....	30
3.5 <i>Preliminary Design</i> .....	31
3.6 Modelisasi Struktur dan Pembebanan .....	31
3.7 Kontrol Desain .....	33
3.8 Analisa Struktur.....	33
3.9 Analisa Kebutuhan Tulangan .....	33
3.10 Perbandingan Volume Beton dan Volume Tulangan .....	34
3.11 Kesimpulan.....	34
<b>BAB IV ANALISA STRUKTUR DAN PERHITUNGAN</b>	
<b>VOLUME.....</b>	<b>35</b>
4.1 Data Perencanaan .....	35
4.2 <i>Preliminary Design</i> .....	35
4.2.1 <i>Preliminary Design</i> Balok.....	35
4.2.2 <i>Preliminary Design</i> Dinding Geser .....	38
4.2.3 <i>Preliminary Design</i> Pelat .....	39
4.2.4 <i>Preliminary Design</i> Kolom .....	44
4.3 Pemodelan Struktur Sistem Ganda.....	46

4.4 Pembebanan Sistem Ganda .....	47
4.5 Analisa Gempa Sistem Ganda.....	53
4.6 Kontrol Analisa Struktur Sistem Ganda.....	58
4.6.1 Kontrol Periode Struktur.....	58
4.6.2 Kontrol <i>Base Shear</i> .....	59
4.6.3 Kontrol Partisipasi Massa .....	60
4.6.4 Kontrol Simpangan.....	61
4.6.5 Kontrol Sistem Ganda.....	63
4.6.6 Kontrol Eksentrisitas dan Torsi .....	63
4.7 Pemodelan Struktur Sistem Rangka Gedung .....	68
4.8 Pembebanan Sistem Rangka Gedung.....	69
4.9 Analisa Gempa Sistem Rangka Gedung.....	75
4.10 Kontrol Analisa Struktur Sistem Rangka Gedung.....	80
4.10.1 Kontrol Periode Struktur.....	81
4.10.2 Kontrol <i>Base Shear</i> .....	81
4.10.3 Kontrol Partisipasi Massa .....	82
4.10.4 Kontrol Simpangan.....	83
4.10.5 Kontrol Sistem Ganda.....	85
4.10.6 Kontrol Eksentrisitas dan Torsi .....	86
4.11 Resume Pemodelan Struktur .....	91
4.12 Desain Penulangan Sistem Ganda.....	92
4.12.1 Desain Penulangan Balok Primer.....	92
4.12.2 Desain Penulangan Kolom .....	108

4.12.3 Hubungan Balok Kolom .....	120
4.12.4 Desain Penulangan Dinding Struktur .....	121
4.13 Desain Penulangan Sistem Rangka Gedung.....	130
4.13.1 Desain Penulangan Balok Primer .....	130
4.13.2 Desain Penulangan Kolom .....	145
4.13.3 Desain Penulangan Dinding Struktur .....	155
4.14 Perhitungan Volume.....	164
4.14.1 Perhitungan Volume Beton .....	164
4.14.2 Perhitungan Volume Tulangan.....	166
4.14.3 Rekapitulasi Perhitungan Volume .....	167
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>169</b>
5.1 Kesimpulan.....	169
5.2 Saran.....	170
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>171</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIODATA PENULIS</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Rangka Gedung .....	6
Gambar 2.2 Sistem Ganda.....	7
Gambar 2.3 Gaya Dinding Geser pada arah yang berlawanan....	10
Gambar 2.4 $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan .....	14
Gambar 2.5 $S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan .....	15
Gambar 2.6 Spektrum Respon Desain.....	19
Gambar 2.7 Geser Desain untuk Balok .....	23
Gambar 2. 8 Geser Desain untuk Kolom.....	26
Gambar 3. 1 Diagram <i>Flowchart</i> Penyelesaian Tugas Akhir.....	29
Gambar 3. 2 Denah Struktur.....	31
Gambar 4. 1 Denah Balok Induk dan Balok Anak.....	35
Gambar 4. 2 Denah Pelat Tipe A .....	39
Gambar 4. 3 Pemodelan Sistem Ganda .....	46
Gambar 4. 4 Pemodelan Sistem Rangka Gedung.....	69
Gambar 4. 5 Denah Pemodelan Sistem Ganda.....	91
Gambar 4. 6 Denah Pemodelan Sistem Rangka Gedung .....	92
Gambar 4. 7 Momen Envelope.....	93
Gambar 4. 8 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Bawah.....	110
Gambar 4. 9 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Atas.....	112
Gambar 4. 10 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom .....	116
Gambar 4. 11 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom .....	117
Gambar 4. 12 Diagram Interaksi P-M shearwall.....	128

Gambar 4. 13 Nilai $c$ dinding geser pada output SpColumn .....	129
Gambar 4. 14 Nilai $\delta_u$ dinding geser pada output ETABS .....	129
Gambar 4. 15 Momen Envelope.....	131
Gambar 4. 16 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Bawah....	147
Gambar 4. 17 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom .....	151
Gambar 4. 18 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom .....	152
Gambar 4. 19 Diagram Interaksi P-M shearwall.....	162
Gambar 4. 20 Nilai $c$ dinding geser pada output SpColumn .....	163
Gambar 4. 21 Nilai $\delta_u$ dinding geser pada output ETABS.....	163

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Subpasal dari Pasal 21 Yang Harus Dipenuhi dalam ...	8
Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non .....	12
Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	13
Tabel 2.4 Klasifikasi Situs.....	13
Tabel 2.5 Koefisien Situs, $F_a$ .....	15
Tabel 2.6 Koefisien Situs, $F_v$ .....	16
Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{DS}$ .....	17
Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan $S_{D1}$ .....	17
Tabel 2.9 Faktor $R, C_d, \Omega_0$ , dan batasan tinggi struktur .....	18
Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang .....	20
Tabel 4. 1 Rekapitulasi dimensi balok induk .....	36
Tabel 4. 2 Rekapitulasi dimensi balok anak.....	37
Tabel 4. 3 Beban Mati Lantai 1 .....	47
Tabel 4. 4 Beban Mati Lantai 2.....	48
Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai 3.....	48
Tabel 4. 6 Beban Mati 4-7.....	49
Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 8.....	50
Tabel 4. 8 Beban Mati Lantai Atap .....	50
Tabel 4. 9 Beban Mati Lantai Dak .....	51
Tabel 4. 10 Beban Hidup.....	51
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Beban Sistem Ganda .....	52
Tabel 4. 12 Data Tanah .....	53
Tabel 4. 13 Tabel Periode Struktur .....	59

Tabel 4. 14 Perbandingan Base Shear Awal .....	59
Tabel 4. 15 Perbandingan Base Shear Akhir.....	60
Tabel 4. 16 Jumlah Respon Ragam .....	60
Tabel 4. 17 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah x	62
Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah y	62
Tabel 4. 19 Kontrol Prosentase Gaya Lateral.....	63
Tabel 4. 20 Data Eksentrisitas Torsi Bawaan ETABS .....	64
Tabel 4. 21 Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga .....	65
Tabel 4. 22 Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{av}$ , $A_x$ untuk gempa arah x .....	66
Tabel 4. 23 Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{av}$ , $A_y$ untuk gempa arah y .....	66
Tabel 4. 24 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas..(edy) ..	67
Tabel 4. 25 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas..(edx) ..	68
Tabel 4. 26 Beban Mati Lantai 1 .....	70
Tabel 4. 27 Beban Mati Lantai 2 .....	70
Tabel 4. 28 Tabel Beban Lantai 3 .....	71
Tabel 4. 29 Beban Mati Lantai 4-7 .....	72
Tabel 4. 30 Beban Mati Lantai 8 .....	72
Tabel 4. 31 Beban Mati Lantai Atap .....	73
Tabel 4. 32 Tabel Beban Mati Lantai Dak .....	74
Tabel 4. 33 Rekapitulasi Beban Sistem Rangka Gedung .....	74
Tabel 4. 34 Tabel Periode Struktur .....	81
Tabel 4. 35 Perbandingan Base Shear Awal .....	81
Tabel 4. 36 Perbandingan Base Shear Akhir.....	82
Tabel 4. 37 Jumlah Respon Ragam .....	83

Tabel 4. 38 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah x84	
Tabel 4. 39 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah y85	
Tabel 4. 40 Kontrol Prosentase Gaya Lateral.....	85
Tabel 4. 41 Data Eksentrisitas Torsi Bawaan ETABS.....	86
Tabel 4. 42 Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga.....	87
Tabel 4. 43 Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{av}$ , Ax untuk gempa arah x .....	88
Tabel 4. 44 Nilai dari $\delta_{max}$ , $\delta_{av}$ , Ay untuk gempa arah y .....	88
Tabel 4. 45 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas..(edy) ..	89
Tabel 4. 46 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas..(edx) ..	90
Tabel 4. 47 Resume Pemodelan .....	91
Tabel 4. 48 Tulangan Lentur Balok As C 3-4 .....	99
Tabel 4. 49 Gaya Geser Desain.....	101
Tabel 4. 50 Tulangan Sengkang Balok As C 3-4 .....	103
Tabel 4. 51 Rekapitulasi Penulangan Balok As C 3-4 .....	106
Tabel 4. 52 Gaya Aksial dan Momen Kolom As C-4 Lt.1 .....	109
Tabel 4. 53 Gaya Aksial dan Momen Kolom Lt. 2 .....	112
Tabel 4. 54 Gaya dalam Dinding Geser (Pier 1) .....	121
Tabel 4. 55 Tulangan Lentur Balok As C 3-4 .....	137
Tabel 4. 56 Gaya Geser Desain.....	139
Tabel 4. 57 Tulangan Sengkang Balok As C 3-4 .....	140
Tabel 4. 58 Rekapitulasi Penulangan Balok As C 3-4 .....	143
Tabel 4. 59 Gaya Aksial dan Momen Kolom Lt.1 .....	146
Tabel 4. 60 Gaya dalam Dinding Geser (Pier 1) .....	155
Tabel 4. 61 Rekapitulasi Volume Beton Sistem Ganda .....	164



Tabel 4. 62 Rekapitulasi Volume Beton Sistem Rangka .....	165
Tabel 4. 63 Rekapitulasi Volume Tulangan Sistem Ganda.....	166
Tabel 4. 64 Rekapitulasi Volume Tulangan Sistem Rangka.....	167
Tabel 4. 65 Rekapitulasi Volume Portal 7 & Portal C .....	167
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perbandingan Sistem Struktur .....	169

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan Negara yang secara geografis terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik utama bumi. Pergerakan antar lempeng tersebut menyebabkan sering terjadinya gempa di Indonesia. Terjadinya bencana alam gempa menimbulkan banyak kerugian, diantaranya runtuhnya bangunan yang menelan banyak korban. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah diperlukannya desain bangunan tahan gempa.

Bangunan tahan gempa pada umumnya menggunakan elemen-elemen struktur kaku diantaranya berupa dinding geser yang berfungsi untuk menahan kombinasi geser, momen dan gaya aksial akibat beban gempa. Dinding geser adalah struktur vertikal yang digunakan pada bangunan tingkat tinggi dimana difungsikan sebagai sistem struktur penahan gempa. Dalam praktiknya, dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen. Kerja sama antara keduanya menghasilkan suatu sistem struktur yang lebih kuat dan ekonomis.

Kerja sama antara sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser dibedakan beberapa jenis. Diantaranya yaitu sistem rangka gedung dan sistem ganda. Sistem Rangka Gedung ialah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Pada sistem ini beban lateral dominan dipikul dinding geser sebesar kurang lebih 90% dari beban lateral seluruhnya. Sedangkan sistem ganda ialah gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser dengan sistem rangka pemikul momen. Dalam sistem ganda, sistem rangka pemikul momen direncanakan tidak hanya memikul beban gravitasi namun dapat pula memikul beban lateral sekurang-kurangnya 25% dari beban lateral yang bekerja. Sehingga dinding geser pada sistem ganda memikul 75% dari

beban lateral yang bekerja. Dari kedua sistem tersebut, dapat disimpulkan terdapat perbedaan mengenai prosentasi pembagian beban lateral yang dipikul oleh dinding geser pada masing-masing sistem.

Peran seorang *engineer* dalam memilih sistem struktur mana yang digunakan dalam pendesainan bangunan tahan gempa adalah sangat penting. Dimana engineer dapat memilih sistem struktur mana yang lebih menguntungkan, yang dapat menghasilkan desain bangunan yang optimal dan memiliki kinerja bangunan yang baik. Dalam tugas akhir ini penulis ingin mengkomparasikan sistem mana yang dapat menghasilkan desain yang optimal dengan membandingkan kebutuhan volume beton dan volume tulangan antara sistem rangka gedung atau sistem ganda pada satu gedung tinjauan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

Bagaimana perbandingan kemampuan optimal struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan yang dimodelkan dengan Sistem Ganda?

Permasalahan detail dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana melakukan pemodelan pada Sistem Rangka Gedung dan Sistem Ganda dengan bantuan *software* ETABS?
2. Bagaimana merencanakan dimensi elemen struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung maupun yang dimodelkan dengan Sistem Ganda?
3. Bagaimana merencanakan tulangan pada elemen struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan

Sistem Rangka Gedung maupun yang dimodelkan dengan Sistem Ganda?

4. Bagaimana perbandingan volume beton dan volume tulangan struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan yang dimodelkan dengan Sistem Ganda?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan utama dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

Untuk mengetahui perbandingan kemampuan optimal struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan yang dimodelkan dengan Sistem Ganda.

Tujuan detail dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mampu melakukan pemodelan pada Sistem Rangka Gedung dan Sistem Ganda dengan bantuan software ETABS.
2. Mampu merencanakan dimensi elemen struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung maupun yang dimodelkan dengan Sistem Ganda.
3. Mampu merencanakan tulangan pada elemen struktur pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung maupun yang dimodelkan dengan Sistem Ganda.
4. Untuk mengetahui kemampuan struktur yang lebih optimal dengan membandingkan volume beton dan volume tulangan baja pada gedung tinjauan yang dimodelkan menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan yang dimodelkan dengan Sistem Ganda.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Studi ini akan dilakukan dengan adanya suatu batasan, antara lain sebagai berikut :

1. Pemodelan dilakukan pada jenis bangunan, fungsi bangunan dan konfigurasi denah yang sama
2. Perhitungan volume tulangan hanya pada elemen struktur utama yaitu balok, kolom, dinding geser dan hubungan balok kolom.
3. Tidak membahas struktur pondasi
4. Tidak menghitung biaya dan tidak membahas metode pelaksanaan konstruksi

#### **1.5 Manfaat**

1. Studi ini diharapkan berguna untuk pelaku konstruksi khususnya *engineer* dalam pemilihan struktur pada bangunan tahan gempa.
2. Studi ini diharapkan berguna sebagai bahan masukan dan pertimbangan pada dunia teknik sipil dalam penggunaan sistem struktur dengan dinding geser pada bangunan gempa

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

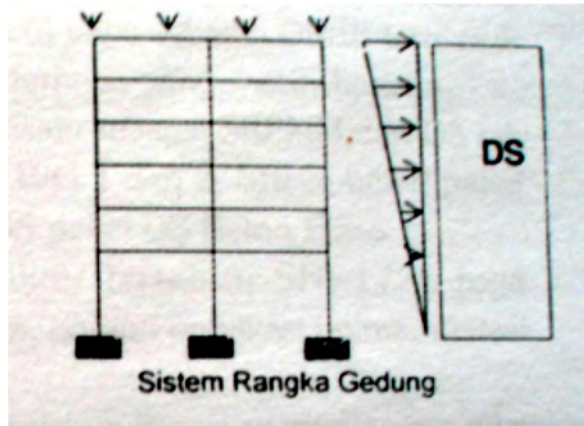
#### **2.1 Umum**

Sistem struktur adalah kombinasi dari berbagai elemen struktur yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang dapat memikul beban-beban yang direncanakan. (Tumilar,2006)

Sistem penahan gaya gempa menurut SNI 2847:2013 ialah bagian struktur yang didesain untuk menahan gaya gempa rencana yang disyaratkan oleh tata cara bangunan gedung umum yang diadopsi secara legal menggunakan ketentuan yang sesuai dan kombinasi beban. Pada bangunan tahan gempa dengan material beton terdapat beberapa sistem struktur yang dapat digunakan dengan sistem penahan gaya gempa yang berbeda-beda. Sistem struktur yang tercantum pada SNI 1726:2012 diantaranya adalah sistem dinding penumpu, sistem rangka bangunan, sistem rangka pemikul momen, sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus maupun menengah, sistem interaktif dinding geser-rangka, dan sistem kolom kantilever. Diantara sistem tersebut, sistem rangka bangunan dan sistem ganda merupakan sistem perpaduan dari elemen dinding geser dan elemen rangka. Penggunaan dinding geser pada kedua sistem ini diharapkan dapat menyerap lebih besar gaya gempa yang terjadi. Sehingga kedua sistem struktur tersebut dapat lebih kuat dan ekonomis. Namun untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan perbandingan. Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan studi perbandingan desain menggunakan kedua sistem tersebut, dimana dilakukan perbandingan pada volume tulangan kedua sistem struktur tersebut.

## 2.2 Sistem Rangka Gedung

Menurut SNI 1726:2012, sistem rangka gedung ialah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing.

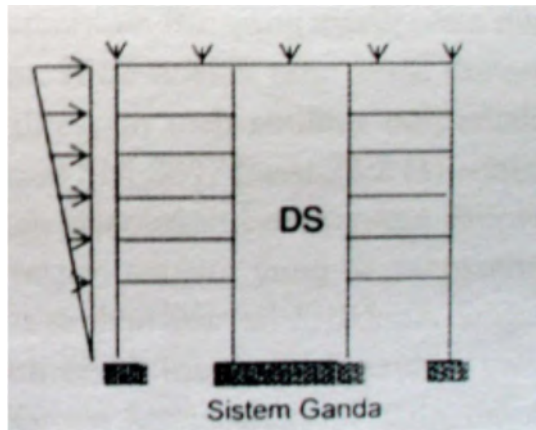


Gambar 2.1 Sistem Rangka Gedung  
Sumber : Purwono (2005)

Dinding geser pada sistem rangka gedung ialah merupakan sistem penahan gaya seismik sehingga detail penulangannya harus memenuhi syarat pada pasal 21, SNI 2847:2013. Sedangkan untuk balok, kolom dan hubungan balok kolom merupakan komponen struktur yang tidak ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa sehingga penulangannya harus memenuhi persyaratan pada pasal 21.13, SNI 2847:2013 jika struktur ditetapkan pada Kategori Desain Seismik D,E, dan F (akan dibahas pada sub bab analisa beban gempa dinamik).

### 2.3 Sistem Ganda

Menurut SNI 1726:2012, Sistem Ganda ialah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh sistem rangka pemikul momen dan dinding geser ataupun oleh rangka pemikul momen dan rangka bresing.



Gambar 2.2 Sistem Ganda  
Sumber : Purwono (2005)

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus dapat memikul beban lateral yang diakibatkan oleh gempa sekurang-kurangnya adalah 25% gaya gempa desain. Hal ini dijelaskan pada pasal 7.2.5.1 SNI 1726:2012. Oleh karena itu, sistem penahan gempa pada sistem ganda ialah sistem rangka pemikul momen maupun dinding geser. Sehingga keduanya harus didesain memenuhi persyaratan pada pasal 21, SNI 2847:2013.

Adapun persyaratan yang harus terpenuhi disajikan dalam tabel berikut ini:



Tabel 2.1 Subpasal dari Pasal 21 Yang Harus Dipenuhi dalam Aplikasi Tipikal\*

Sumber: Tabel S21.1.1 SNI 2847:2013

Komponen yang menahan pengaruh gempa, kecuali jika sebaliknya diberitahu	Kategori Desain Seismik			
	A (Tidak ada)	B (21.1.1.4)	C (21.1.1.5)	D, E, F (21.1.1.6)
Persyaratan analisis dan desain	Tidak ada	21.1.2	21.1.2	21.1.2 21.1.3
Material		Tidak ada	Tidak ada	21.1.4 21.1.7
Komponen struktur rangka		21.2	21.3	21.5, 21.6 21.7, 21.8
Dinding struktur dan balok kopel		Tidak ada	Tidak ada	21.9
Dinding Struktur Pracetak		Tidak ada	21.4	21.4 <sup>1</sup> , 21.10
Diafragma struktur dan rangka batang (strusses)		Tidak ada	Tidak ada	21.11
Pondasi		Tidak ada	Tidak ada	21.12
Komponen struktur rangka tidak diproporsikan untuk menahan gaya yang ditimbulkan oleh pergerakan gempa		Tidak ada	Tidak ada	21.13
Angkur		Tidak ada	21.1.8	21.1.8
*Sebagai tambahan pada persyaratan Pasal 1 sampai 19, kecuali seperti dimodifikasi oleh Pasal 21, Sub Pasal 22.10 juga berlaku pada KDS D,E, dan F <sup>1</sup> Sebagai diizinkan oleh tata cara bangunan umum yang diadopsi secara legal dimana Standar ini merupakan bagiannya				

## 2.4 Dinding Geser

Desain yang tepat dan pendetailan bangunan dengan dinding geser telah menunjukkan performa yang sangat baik dalam gempa-gempa terdahulu. Kesuksesan luar biasa gedung dengan dinding geser dalam menahan gempa kuat terangkum dalam sebuah kutipan “ Kita tidak dapat mampu membangun bangunan beton yang melawan gempa parah tanpa dinding geser” Mark Fintel, *Consultan Engineer* di USA.

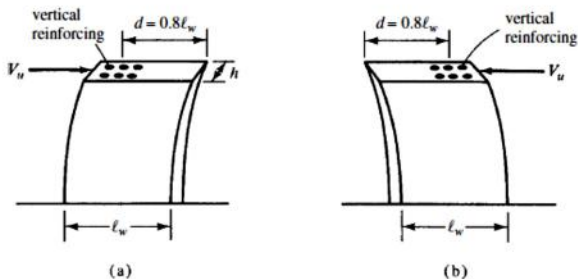
Dinding geser dalam daerah gempa tinggi memerlukan pendetailan khusus. Bagaimanapun, pada gempa-gempa terdahulu, walau bangunan dengan dinding berjumlah cukup yang tidak didetail khusus untuk performa gempa (tapi punya kekuatan yang terdistribusi dengan cukup baik) aman dari keruntuhan. Bangunan dinding geser adalah pilihan terbanyak dalam beberapa negara gempa seperti Chile, New Zealand, dan USA. Dinding geser mudah dibuat, karena detail penulangan dinding relatif mudah dan karena itu mudah diimplementasikan di lapangan. Dinding geser adalah efisien, baik dalam hal biaya konstruksi dan lebih efektif dalam meminimalisasi kerusakan akibat gempa di elemen struktural maupun elemen non-struktural. (Murty,2011)

Jika diperlukan konstruksi tahan gempa, harus diingat bahwa bagian struktur yang relatif kaku akan menarik gaya yang jauh lebih besar daripada bagian yang fleksibel. Struktur dengan dinding geser beton bertulang akan cukup kaku sehingga dapat menyerap gaya gempa yang besar. Jika dinding geser rapuh dan runtuh, sisa struktur lainnya tidak akan dapat menahan getaran gempa yang terjadi. Tetapi jika dinding geser tersebut daktail, dan tingkat daktilitas yang baik akan tercapai bila dinding geser ditulangi dengan baik, dinding geser akan sangat efektif dalam menahan gaya gempa. (Mc. Cormac, 2005)

Dinding geser atau dinding struktur yang ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gaya gempa, pada SNI 2847:2013 dikategorikan sebagai berikut:

1. Dinding beton polos struktur biasa (pasal 22)
2. Dinding struktural beton bertulang biasa (pasal 1-18)
3. Dinding struktural pracetak menengah (pasal 1-18, dan 21.4)
4. Dinding struktural khusus (21.1.3-21.1.7, 21.9 dan 21.10)

Pemilihan dinding struktur khusus sebagai elemen penahan gempa utama dipengaruhi oleh pertimbangan performa gempa, fungsionalitas, kemampuan konstruksi dan biaya. Untuk bangunan tinggi hingga rendah, dinding geser secara tipikal adalah lebih efektif dalam hal biaya daripada sistem lain seperti Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Dinding geser digunakan pada bangunan beton dengan dibatasi tinggi lantai ke lantai atau kendala arsitektural lainnya yang tidak dapat diakomodasi kedalaman balok rangka. Tangga dan *elevator cores* adalah lokasi yang biasa untuk dinding geser, yang melayani dua tujuan yaitu sebagai pelindung bukaan vertikal dan menyediakan penahan efisien untuk gaya aksial dan lateral. (Moehle dkk, 2012)



Gambar 2.3 Gaya Dinding Geser pada arah yang berlawanan  
Sumber: Mc.Cormac (2005)

Gambar 2.3 memperlihatkan dinding geser yang menerima gaya lateral  $V_u$ . Dinding tersebut sebenarnya adalah sebuah balok kantilever dengan lebar  $h$  dan tinggi keseluruhan  $l_w$ . Pada gambar bagian (a) dinding tertekuk dari kiri ke kanan akibat  $V_u$ , dan akibatnya tulangan tarik diperlukan di sebelah kiri atau pada sisi tarik. Jika  $V_u$  diterapkan dari sisi kanan seperti diperlihatkan pada gambar bagian (b), tulangan tarik akan diperlukan pada sisi kanan dinding. Maka dapat kita lihat bahwa dinding geser memerlukan tulangan tarik pada kedua sisinya karena  $V_u$ , bisa datang dari kedua arah tersebut. (Mc. Cormac, 2005)

Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertical dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima gaya tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum  $V_u$  dan momen maksimum  $M_u$  terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial desain  $N_u$ , dan selanjutnya pengaruh tegangan lentur tersebut harus dimasukkan dalam analisis. (Mc. Cormac, 2005)

## **2.5 Analisa Beban Gempa Dinamik**

Analisa gempa dinamik dibagi menjadi dua yaitu analisa ragam spektrum respons dan analisa riwayat waktu. Pada tugas akhir ini menggunakan analisa ragam spektrum respons yaitu menggunakan respon spektrum. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan pada analisa ragam spektrum respons ialah:

1. Kategori risiko bangunan berdasarkan tabel berikut ini

Tabel 2.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung  
untuk Beban Gempa

Sumber: Tabel 1 SNI 1726:2012

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk kategori risiko I, III, dan IV	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan</p> <p>Gedung dan non gedung, yang tidak termasuk kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan.</p> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang ditetapkan instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting.</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk dalam kategori risiko IV.</p>	IV

## 2. Faktor keutamaan gempa berdasarkan Tabel 2.3

Tabel 2.3 Faktor Keutamaan Gempa  
Sumber: Tabel 2 SNI 1726:2012

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I	1,00
II	1,00
III	1,25
IV	1,50

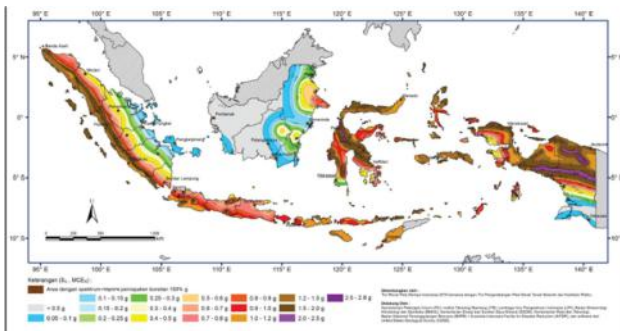
## 3. Klasifikasi situs berdasarkan Tabel 2.4

Tabel 2.4 Klasifikasi Situs  
Sumber: Tabel 3 SNI 1726:2012

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500 m/s	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 1500 m/s	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 - 750 m/s	>50	$\geq 100$ kN/m <sup>2</sup>
SD (tanah sedang)	175 - 350 m/s	5-50	50 - 100 kN/m <sup>2</sup>
SE (tanah lunak)	< 175 m/s	< 15	<50kN/m <sup>2</sup>

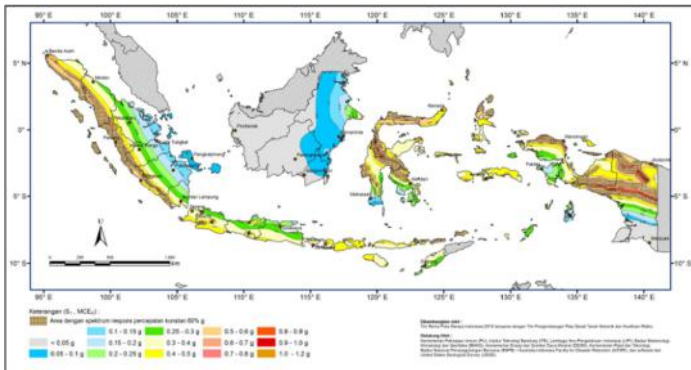
	<p>Atau setiap profil tanah yang mengandung 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math></li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40\%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir <math>\bar{s}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>
<p>SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs</p>	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat senditif, tanah tersementasi lemah</li> <li>-Lempung sangat organik dan/ atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>-Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5</math> m dengan <math>PI &gt; 75</math>)</li> </ul> <p>Lapisan lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>\bar{s}_u &lt; 50</math> kPa</p>

4. Parameter percepatan gempa terpetakan ( $S_s$  dan  $S_1$ ) berdasarkan gambar 2.4 dan gambar 2.5



Gambar 2.4  $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget ( $MCE_R$ )

Sumber: Gambar 9 SNI 1726:2012



Gambar 2.5 S<sub>1</sub>, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE<sub>R</sub>)  
 Sumber: Gambar 10 SNI 1726:2012

5. Koefisien situs (Fa dan Fv) berdasarkan tabel 2.5 dan tabel 2.6

Tabel 2.5 Koefisien Situs, Fa  
 Sumber: Tabel 4 SNI 1726:2012

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S <sub>s</sub>				
	S <sub>s</sub> ≤ 0,25	S <sub>s</sub> = 0,5	S <sub>s</sub> = 0,75	S <sub>s</sub> = 1,0	S <sub>s</sub> ≥ 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 <sup>b</sup>				

Catatan :

- a.) Untuk nilai-nilai antara S<sub>s</sub>, dapat dilakukan interpolasi linier
- b.) SS<sup>b</sup>= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1



Tabel 2.6 Koefisien Situs,  $F_v$   
 Sumber: Tabel 5 SNI 1726:2012

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=1$ detik, $S_1$				
	$S_I \leq 0,25$	$S_I = 0,5$	$S_I = 0,75$	$S_I = 1,0$	$S_I \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				
Catatan : c.) Untuk nilai-nilai antara $S_s$ , dapat dilakukan interpolasi linier d.) $SS^b$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1					

6. Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan 5 dan 6 pada pasal 6.2 SNI 1726:2012

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (2.1)$$

$$S_{MS} = F_v \times S_1 \quad (2.2)$$

7. Percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) dengan persamaan 7 dan persamaan 8 pada pasal 6.3 SNI 1726:2012

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.4)$$

8. Kategori desain seismik berdasarkan tabel 2.7 dan tabel 2.8

Tabel 2.7 Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{DS}$

Sumber: Tabel 6 SNI 1726:2012

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

Tabel 2.8 Kategori Desain Seismik Berdasarkan  $S_{D1}$

Sumber: Tabel 7 SNI 1726:2012

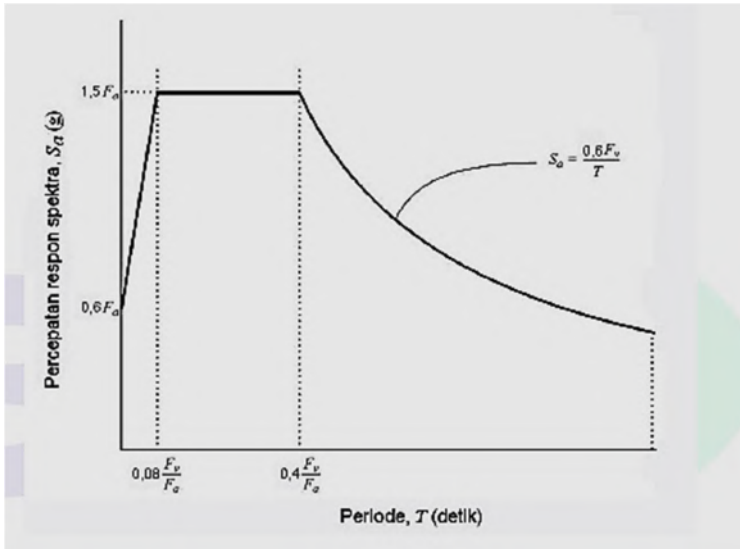
Nilai $S_{D1}$	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

9. Koefisien modifikasi respon (R), faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan batasan tinggi struktur berdasarkan tabel 2.9.

Tabel 2.9 Faktor  $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_0$ , dan batasan tinggi struktur  
 Sumber: Tabel 9 SNI 1726:2012

Sistem Penahan Gaya Gempa	Koefisien Respon s Modifikasi, $R$	Faktor Kuat Lebih, $\Omega_0$	Faktor Pembesaran Defleksi, $C_d$	Batasan Sistem Struktur Termasuk Batasan Tinggi Struktur				
				Kategori Desain Seismik				
				B	C	D	E	F
<b>Sistem Rangka Bangunan</b>								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	5	$2^{1/2}$	$4^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI
<b>Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Yang Mampu Menahan Paling Sedikit 25% Gaya Gempa Yang Ditetapkan</b>								
1. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2^{1/2}$	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Dinding geser beton bertulang biasa	6	$2^{1/2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI
Catatan : TB = tidak dibatasi; TI = tidak diizinkan								

10. Desain respon spektrum. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Spektrum Respon Desain  
Sumber: Gambar 2 SNI 1726:2012

11. Periode alami getar struktur berdasarkan pasal 7.8.2 pada SNI 1726:2012. Periode getar struktur yang didapatkan oleh analisa struktur tidak boleh lebih besar dari hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung ( $C_u$ ) dari tabel 2.10 dan periode fundamental pendekatan,  $T_a$ , yang tentukan sesuai dengan pasal 7.8.2.1.

Tabel 2.10 Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung  
Sumber: Tabel 14 SNI 1726:2012

Parameter percepatan respon spektral desain pada 1 detik, $S_{DI}$	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

## 2.6 Persyaratan Penulangan Dinding Struktur Khusus

Persyaratan penulangan pada dinding struktur khusus atau dinding geser khusus yang merupakan elemen penahan beban lateral pada sistem rangka gedung maupun sistem ganda diatur dalam pasal 21.9 SNI 2847:2013. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

1. Nilai  $\rho_l$  dan  $\rho_t$  tidak boleh kurang dari 0,0025 kecuali  $V_u$  tidak melebihi  $0,083\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$
2. Paling sedikit dua tirai digunakan jika  $V_u$  melebihi  $0,17\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$
3.  $V_u$  didapatkan dari analisis beban lateral sesuai kombinasi beban terfaktor
4. Nilai  $V_n$  tidak boleh melebihi

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y) \quad (2.5)$$

Dimana :

$$\alpha_c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$\alpha_c = 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2$$

$$0,25 \leq \alpha_c \leq 0,17 \text{ untuk } 1,5 \leq h_w/l_w \leq 2$$

5. Untuk semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral yang sama,

$$Vn \leq 0,66A_{cv}\sqrt{f'c} \quad (2.6)$$

Dimana :

$A_{cv}$  = luas kombinasi bruto dari semua segmen dinding vertikal

6. Untuk salah satu dari segmen dinding vertikal individu,

$$Vn \leq 0,83A_{cw}\sqrt{f'c} \quad (2.7)$$

Dimana :

$A_{cw}$  = luas penampang beton dari segmen dinding vertical individu yang ditinjau

7. Untuk segmen dinding horizontal,

$$Vn \leq 0,83A_{cw}\sqrt{f'c} \quad (2.8)$$

Dimana :

$A_{cw}$  = luas penampang beton suatu segmen dinding horizontal

8. Desain untuk beban lentur dan aksial mengikuti pada pasal 10.2 dan 10.3 SNI 2847:2013

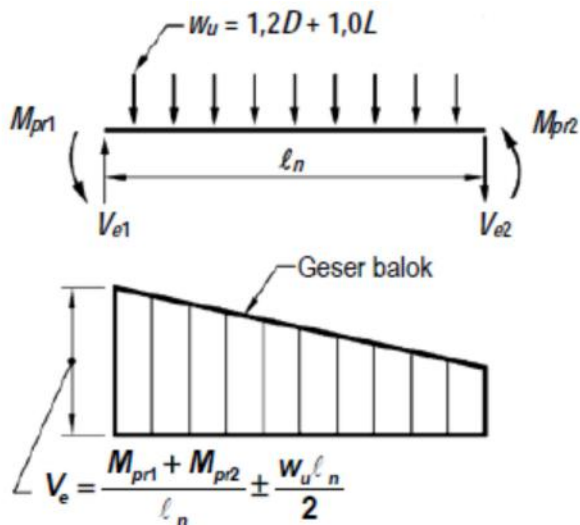
## 2.7 Persyaratan Penulangan Balok

Persyaratan penulangan pada balok yang merupakan elemen penahan beban lateral pada sistem ganda diatur dalam pasal 21 SNI 2847:2013. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

1. Kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negative yang disediakan pada muka joint. (pasal 21.5.2.2)
2. Kekuatan momen negative atau positif sembarang penampang sepanjang panjang balok tidak boleh kurang

dari seperlima kekuatan maksimum yang disediakan pada salah satu muka *joint*. (pasal 21.5.2.2).

3. Sengkang dipasang pada sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur (balok) yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur.
4. Sengkang tertutup pertama harus diletakkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (pasal 21.5.3.2) :
  - $d/4$
  - Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - 150 mm
5. Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin,  $M_{pr}$ , bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributary terfaktor sepanjang bentang.



Gambar 2. 7 Geser Desain untuk Balok

Sumber: Gambar S21.5.4 SNI 2847:2013

6.  $V_c$  (kuat geser beton) dianggap = 0, apabila gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 20$ . Bila  $V_c \neq 0$ , perhitungan kekuatan geser mengikuti pasal 11.2.

Sedangkan untuk penulangan balok pada sistem rangka gedung, bukan merupakan elemen penahan gempa maka harus memenuhi persyaratan pasal 21.13 SNI 2847:2013 sebagai berikut:

1. Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari

$$A_{S_{min}} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \quad (2.9)$$

$$\rho_{maks} = 0,025$$

2. Jarak sengkang kurang dari  $d/2$



## 2.8 Persyaratan Penulangan Kolom

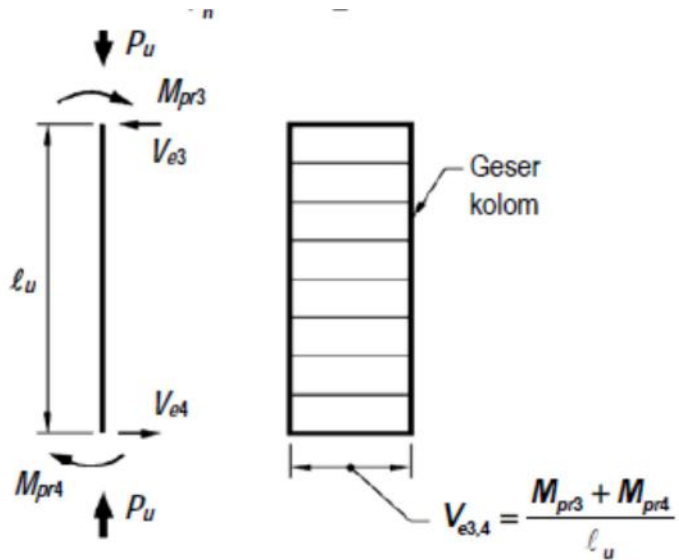
Persyaratan penulangan pada kolom yang merupakan elemen penahan beban lateral pada sistem ganda diatur dalam pasal 21 SNI 2847:2013. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

1. Luas tulangan longitudinal ( $A_{st}$ ) tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau lebih dari 0,06  $A_g$  (pasal 21.6.3.1)
2. Kekuatan kolom harus memenuhi  $\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$   
 $M_{nc}$  = Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.  
 $M_{nb}$  = Kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.
3. Daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (pasal 21.6.4.1) :
  - Tinggi komponen struktur di joint ( $h$ )
  - $1/6$  bentang bersih komponen struktur
  - 450 mm
4. Spasi maksimum *hoop*,  $s_{maks}$  pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{maks}$  merupakan nilai terbesar dari (pasal 21.6.4.3):
  - Seperempat dimensi komponen struktur minimum
  - Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - $S_o$ , dengan  $S_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm
$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3} \quad (2.10)$$
5. Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (pasal 21.6.4.4):

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{sb_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (2.11)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \frac{sb_c f'_c}{f_{yt}} \quad (2.12)$$

6. Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih diberi *hoops* dengan spasi minimum (pasal 21.6.4.5):
  - 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
  - 150 mm
7. Gaya geser desain,  $V_e$ , harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan (joints) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin,  $M_{pr}$ , di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor,  $P_u$ , yang bekerja pada komponen struktur.



Gambar 2. 8 Geser Desain untuk Kolom  
Sumber: Gambar S21.5.4 SNI 2847:2013

Gaya geser desain.  $V_e$ , tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

8.  $V_c$  (kuat geser beton) dianggap = 0, apabila gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u$ , termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f'_c / 10$ . Bila  $V_c \neq 0$ , perhitungan kekuatan geser mengikuti pasal 11.2.
9. Perhitungan sambungan lewatan mengikuti pasal 12.2 dengan rumus sebagai berikut:

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b \quad (2.13)$$

Sedangkan untuk penulangan kolom pada sistem rangka gedung, bukan merupakan elemen penahan gempa maka harus

memenuhi persyaratan pasal 21.13 SNI 2847:2013 sebagai berikut:

1. Luas tulangan longitudinal ( $A_{st}$ ) tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  atau lebih dari  $0,06 A_g$  (pasal 21.6.3.1)
2. Spasi longitudinal maksimum pengikat harus sebesar  $S_0$  yaitu sesuai persamaan (2.10) untuk panjang komponen struktur penuh. Spasi  $S_0$  tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari:
  - Enam diameter tulangan longitudinal terkecil
  - 150 mm

## **2.9 Persyaratan Penulangan Hubungan Balok Kolom**

Persyaratan penulangan pada hubungan balok kolom pada sistem ganda diatur dalam pasal 21 SNI 2847:2013. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

1. Jarak dan jumlah tulangan transversal dapat dipakai menggunakan persyaratan pendetailan tulangan kolom pada jarak  $l_0$ , sesuai pasal 21.7.3.1
2. Kekuatan geser joint harus dicek tidak boleh diambil lebih besar dari  $V_n$  yang ditetapkan pada pasal 21.7.4.1

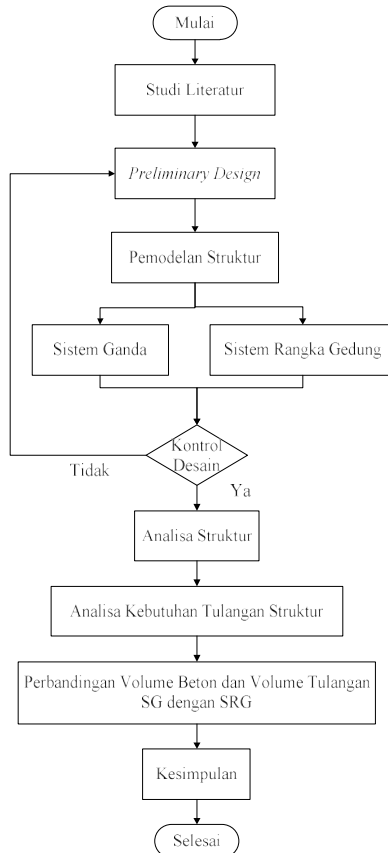
Sedangkan pada hubungan balok kolom pada sistem rangka gedung berlaku persyaratan yang sama.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Skema Penelitian

Urutan pengerjaan tugas akhir disajikan dalam skema bagan alir sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram *Flowchart* Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur, dimana sumber dapat berasal dari buku, jurnal maupun peraturan yang berlaku. Peraturan yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. SNI 2847:2013  
Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727:2013  
Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
3. SNI 1726:2012  
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung.

### 3.3 Variabel Desain

Variabel desain dalam studi ini yaitu sistem struktur yang akan digunakan. Salah satu gedung tinjauan menggunakan sistem rangka gedung sedangkan sebagai pembanding menggunakan sistem ganda. Perbedaan kedua sistem terletak pada pembagian prosentase gaya lateral yang dipikul pada dinding geser dan sistem rangka pemikul momen (SRPM). Pada sistem rangka gedung, dinding geser memikul 90% gaya lateral dan SRPM memikul 10% gaya lateral. Sedangkan pada sistem ganda, dinding geser memikul 75% gaya lateral dan SRPM memikul 25% gaya lateral.

### 3.4 Data Perencanaan

Spesifikasi struktur yang akan di analisa adalah sebagai berikut:

- Fungsi Bangunan : Hotel
- Zona Gempa : Padang
- Tinggi Bangunan : 38 m (8 Lantai + 1 Basement)
- Struktur Utama : Beton Bertulang



Gambar 3. 2 Denah Struktur

### 3.5 Preliminary Design

Pada tahap ini dilakukan *preliminary design* yang merupakan penaksiran komponen struktur bangunan. Penaksiran komponen struktur bangunan tersebut antara lain penaksiran balok, kolom, dan dinding geser..

### 3.6 Modelisasi Struktur dan Pembebanan

Pada tahap ini gedung tinjauan akan disimulasikan pada dua model yaitu:

Model 1 : Sistem Struktur menggunakan Sistem Rangka Gedung

Model 2 : Sistem Struktur menggunakan Sistem Ganda

Sedangkan perencanaan pembebanan pada struktur direncanakan berdasarkan Peraturan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013 dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk



Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012.  
Pembebanan yang digunakan antara lain:

1. Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang berdasarkan SNI 1727:2013
2. Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati, berdasarkan SNI 1727:2013.
3. Beban Gempa adalah beban yang terjadi akibat gaya gempa. Analisa pembebanan gempa pada gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012, dengan tinjauan lokasi gempa di daerah Padang. Adapun langkah-langkahnya yaitu:
  - a. Menetapkan kategori risiko bangunan berdasarkan tabel 2.2
  - b. Menentukan faktor keutamaan gempa berdasarkan tabel 2.3
  - c. Menentukan klasifikasi situs berdasarkan tabel 2.4
  - d. Menentukan parameter percepatan gempa terpetakan ( $S_s$  dan  $S_1$ ) berdasarkan gambar 2.4 dan gambar 2.5
  - e. Menentukan koefisien situs ( $F_a$  dan  $F_v$ ) berdasarkan tabel 2.5 dan tabel 2.6
  - f. Menghitung parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan 2.1 dan 2.2
  - g. Menghitung percepatan spektral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) dengan persamaan 2.3 dan persamaan 2.4
  - h. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan tabel 2.7 dan tabel 2.8
  - i. Menentukan koefisien modifikasi respon ( $R$ ), faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ), faktor kuat lebih sistem

- ( $\Omega_0$ ) dan batasan tinggi struktur berdasarkan tabel 2.9
- j. Menentukan desain respon spektrum. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada gambar 2.6
  - k. Menentukan nilai periode alami getar struktur berdasarkan pasal 7.8.2 pada SNI 1726:2012.

### **3.7 Kontrol Desain**

Setelah melakukan pemodelan, tahap selanjutnya adalah *running* sistem struktur dengan menggunakan program bantuan ETABS. Setelah itu dilakukan kontrol desain pada tiap pemodelan dengan mengontrol dimensi elemen struktur meliputi penampang balok, kolom, dan dinding geser. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah desain yang direncanakan sudah memenuhi persyaratan yang berlaku menurut studi literatur. Kontrol desain meliputi kontrol periode struktur, kontrol gaya geser dasar, kontrol simpangan dan kontrol sistem yang digunakan yaitu dengan membandingkan prosentase gaya lateral yang dipikul oleh rangka maupun dinding geser.

### **3.8 Analisa struktur**

Analisa struktur dalam perencanaan gedung tersebut bertujuan untuk mengetahui gaya dalam yang terjadi akibat beban yang bekerja. Gaya tersebut adalah gaya geser, gaya aksial, momen lentur. Selain itu juga digunakan untuk mengetahui besarnya pergeseran lateral. Analisa struktur dilakukan menggunakan program bantuan ETABS.

### **3.9 Analisa Kebutuhan tulangan**

Setelah kontrol desain dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa kebutuhan tulangan. Pada tahap ini dilakukan pendetailan tulangan balok, kolom, dinding geser dan hubungan balok kolom. Pendetailan tersebut sesuai dengan sistem struktur

yang digunakan dan memenuhi persyaratan yang berlaku menurut studi literatur.

### **3.10 Perbandingan Volume Beton dan Volume Tulangan**

Kebutuhan volume beton dari Sistem Rangka Gedung dibandingkan dengan Sistem Ganda. Begitu pula kebutuhan tulangan kedua sistem struktur tersebut. Perbandingan kebutuhan tersebut disajikan dalam bentuk tabel, dibandingkan kuantitas volume beton dan volume tulangan dari kedua sistem struktur tersebut mana yang lebih hemat.

### **3.11 Kesimpulan**

Dari hasil perbandingan kebutuhan volume beton dan volume tulangan kedua sistem struktur tersebut, disimpulkan sistem struktur mana yang lebih optimal digunakan yaitu dilihat dari kebutuhan volume yang lebih kecil.

## BAB IV

### ANALISA STRUKTUR DAN PERHITUNGAN VOLUME

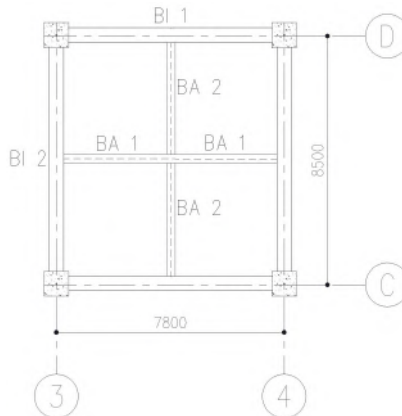
#### 4.1 Data Perencanaan

Struktur gedung hotel ini menggunakan bahan beton bertulang dengan data sebagai berikut:

Tipe bangunan	: Hotel
Tinggi Bangunan	: 38 m
Mutu beton ( $f'c$ ) kolom	: 35 Mpa
Mutu beton ( $f'c$ ) balok dan pelat	: 25 Mpa
Mutu tulangan baja ( $f_y$ )	: 400 Mpa

#### 4.2 Preliminary Design

##### 4.2.1 Preliminary Design Balok



Gambar 4. 1 Denah Balok Induk dan Balok Anak

Sesuai dengan SNI 2847-2013 ps 9.5, desain dimensi balok adalah sebagai berikut:

- Dimensi balok induk (BI-1) dengan bentang ( $L$ ) = 7,8 m,

$$h_{min} = \frac{1}{16}L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{7800}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 480 \text{ mm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 50 = 35 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk memanjang (BI-1) adalah 35/50 cm

- Dimensi balok induk (BI-2) dengan bentang ( $L$ ) = 8,5 m,

$$h_{min} = \frac{1}{16}L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{8500}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 520 \text{ mm} \approx 55 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 55 = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk melintang (BI-2) adalah 40/55 cm

Tabel 4. 1 Rekapitulasi dimensi balok induk

Type Balok	Bentang (m)	$h_{min}$ (cm)	h pakai (cm)	$b_{min}$ (cm)	b pakai (cm)	Dimensi
BI 1	7,8	48	50	32	35	35/50
BI 2	8,5	52	55	35	40	40/55
BI 3	6	37	50	25	35	35/50
BI 4	6,65	41	50	28	35	35/50
BI 5	3	19	50	13	35	35/50
BI 6	2,7	17	50	12	35	35/50

- Dimensi balok anak (BA-1) dengan bentang ( $L$ ) = 7,8 m,

$$h_{min} = \frac{1}{21}L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{7800}{21} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 370 \text{ mm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 45 = 30 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok anak memanjang (BA-1) adalah 30/45 cm

- Dimensi balok anak (BA-2) dengan bentang ( $L$ ) = 8,5 m,

$$h_{min} = \frac{1}{21}L \times \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{min} = \frac{8500}{21} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) = 400 \text{ mm} \approx 45 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 45 = 30 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok anak melintang (BA-2) adalah 30/45 cm

Tabel 4. 2 Rekapitulasi dimensi balok anak

Tipe Balok	Bentang (m)	$h_{min}$ (cm)	h pakai (cm)	$b_{min}$ (cm)	b pakai (cm)	Dimensi
BA 1	7,8	37	45	25	30	30/45
BA 2	8,5	40	45	27	30	30/45
BA 3	6	28	35	19	25	25/35
BA 4	6,65	31	35	21	25	25/35

#### 4.2.2 Preliminary Design Dinding Geser

Perencanaan ketebalan dinding geser diatur pada SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.(1), yaitu ketebalan dinding tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bentang bertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm.

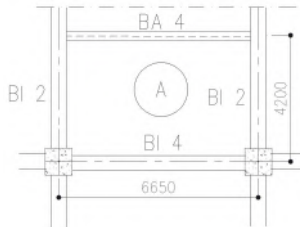
Direncanakan:

Tebal dinding geser	= 35 cm
Panjang bentang	= 665 cm
Tinggi (Lantai 1-2)	= 500 cm
Tinggi (Lantai 3-7)	= 350 cm
Tinggi (Lantai 8)	= 375 cm

- $35 \text{ cm} \geq H/25$   
 $35 \text{ cm} \geq 500/25 = 20 \text{ cm oke}$   
 $35 \text{ cm} \geq 350/25 = 14 \text{ cm oke}$   
 $35 \text{ cm} \geq 375/25 = 15 \text{ cm oke}$
- $35 \text{ cm} \geq L/25$   
 $35 \text{ cm} \geq 665/25 = 26,6 \text{ cm oke}$
- $35 \text{ cm} > 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm oke}$

Jadi tebal dinding geser sebesar 35 cm telah memenuhi syarat SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.(1).

### 4.2.3 Preliminary Design Pelat



Gambar 4. 2 Denah Pelat Tipe A

Tipe Pelat dengan dimensi 665 cm x 425 cm (Tipe Pelat A)

Bentang memanjang ( $l_y$ ) = 665 cm

Bentang memendek ( $l_x$ ) = 420 cm

$$L_n = L - \left( \frac{b_{\text{memanjang}}}{2} + \frac{b_{\text{memanjang}}}{2} \right)$$

$$L_n = 665 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 625 \text{ cm}$$

$$S_n = L - \left( \frac{b_{\text{melintang}}}{2} + \frac{b_{\text{melintang}}}{2} \right)$$

$$S_n = 425 - \left( \frac{35}{2} + \frac{30}{2} \right) = 392,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{625}{392,5} = 1,59 < 2 \quad (\text{Pelat dua arah})$$

Direncanakan menggunakan ketebalan pelat 12 cm.



- Pelat yang dijepit balok 35/50 dengan panjang 665 cm

$$\begin{aligned} be_1 &= bw + 2(h-tf) \\ &= 35 + 2x(50-12) \\ &= 111 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8t \\ &= 35 + (8 \times 12) = 131 \text{ cm} \end{aligned}$$

$be_1 < be_2$ , sehingga  $be = be_1 = 111 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{50}\right)} = 1,4$$

Moment Inersia penampang balok T :

$$I_b = \frac{1}{12} x bw x h^3 x k$$

$$I_b = \frac{1}{12} x 35 x 50^3 x 1,4 = 511294,5 \text{ cm}^4$$

Moment inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} x bp x t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} x (665) x 12^3 = 47880 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{511294,5}{47880} = 10,67$$

- Pelat yang dijepit balok 40/55 dengan panjang 420 cm

$$\begin{aligned} be_1 &= bw + 2(h-tf) \\ &= 40 + 2x(55-12) \\ &= 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8t \\ &= 40 + (8 \times 12) = 136 \text{ cm} \\ be_1 &< be_2, \text{ sehingga } be = be_1 = 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{55}\right) + 4\left(\frac{12}{55}\right)^2 + \left(\frac{126}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{126}{40} - 1\right) \left(\frac{12}{55}\right)} = 1,4$$

Moment Inersia penampang balok T :

$$I_b = \frac{1}{12} x bw x h^3 x k$$

$$I_b = \frac{1}{12} \times 40 \times 55^3 \times 1,4 = 776382,2 \text{ cm}^4$$

Moment inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} \times b p \times t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} \times (425) \times 12^3 = 30600 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{776382,2}{30600} = 25,37$$

• Pelat yang dijepit balok 30/45 dengan panjang 665 cm

$$\begin{aligned} be_1 &= bw + 2(h-tf) \\ &= 30 + 2 \times (45-12) \\ &= 96 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8t \\ &= 30 + (8 \times 12) = 126 \text{ cm} \end{aligned}$$

$be_1 < be_2$ , sehingga  $be = be_1 = 96 \text{ cm}$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right) \left[ 4 - 6\left(\frac{12}{45}\right) + 4\left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{96}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)} = 1,4$$

Moment Inersia penampang balok T :

$$I_b = \frac{1}{12} x b w x h^3 x k$$

$$I_b = \frac{1}{12} x 30 x 45^3 x 1,4 = 319513 \text{ cm}^4$$

Moment inersia lajur pelat :

$$I_p = \frac{1}{12} x b p x t^3$$

$$I_p = \frac{1}{12} x (665) x 12^3 = 47880 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{319513}{47880} = 6,67$$

$$\alpha_m = \frac{10,68 + 25,37 + 25,37 + 6,67}{4} = 17,02$$

Karena  $\alpha_{fm} > 2$  maka perletakan pelat adalah **jepit penuh**.

$$h = \frac{L_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} = \frac{6250 \left( 0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + (9 x 1,6)} = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm}$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm, maka:

**Dipakai tebal pelat lantai = 120 mm**

#### 4.2.4 Preliminary Design Kolom

Perencanaan dimensi kolom menggunakan kolom pada garis as (6-D) yang memikul beban terbesar dengan pelat lantai bentang terbesar.

Direncanakan:

Tebal pelat	=	12	Cm
Tinggi lantai basement	=	375	Cm
Tinggi lantai 1-2	=	500	Cm
Tinggi lantai 3-7	=	350	Cm
Tinggi lantai 8	=	375	Cm
Tinggi lantai atap	=	300	Cm
Dimensi pelat	=	780	X 725
Beban Hidup (Hotel) $L_0$	=	1,92	kN/m <sup>2</sup> (SNI 1727-2013)
Luas Tributari ( $A_T$ )	=	56,55	m <sup>2</sup>
$K_{LL}$	=	4	

#### Beban Mati

Pelat Lantai	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,12 \times 24 \times 10$	=	1628,64 kN
Penggantung	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,07 \times 10$	=	39,59 kN
Plafond	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,11 \times 10$	=	62,21 kN
BI 1	=	$0,35 \times 0,5 \times 7,8 \times 24 \times 10$	=	327,6 kN
BI 2	=	$0,4 \times 0,55 \times 4,25 \times 24 \times 10$	=	224,4 kN
BI 3	=	$0,35 \times 0,5 \times 3 \times 24 \times 10$	=	126 kN
Dinding	=	$7,8 \times 7,25 \times 2,5 \times 9$	=	1272,38 kN
Spesi	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,21 \times 9$	=	106,88 kN
Tegel	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,24 \times 9$	=	122,15 kN
Mekanikal	=	$7,8 \times 7,25 \times 0,4 \times 10$	=	226,2 kN
			Total	= 4136,03 kN

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.8.3 komponen struktur yang memiliki nilai  $K_{LL}A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$  diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi.

$$A_T = 7,8 \times 7,25 = 56,55 \text{ m}^2$$

$$K_{LL}A_T = 56,55 \times 4 = 226,2 \text{ m}^2$$

Maka,  $226,2 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2$  (beban hidup boleh tereduksi)

- Reduksi beban hidup pelat lantai 1-8

$$L = L_0 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4L_0$$

$$L = 1,92 \left( 0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{226,2}} \right) \geq 0,4 \times 1,92$$

$$L = 1,07 \text{ kN/m}^2 \geq 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Jadi total beban hidup pelat lantai 1-8,

$$L = 1,07 \times 7,8 \times 7,25 \times 9 = 544,58 \text{ kN}$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

Reduksi beban hidup pelat lantai atap ( $L_r$ ) ditentukan sesuai dengan pasal 4.8.3 pada SNI 1727-2013 maka:

$$R_1 = 0,6 \quad (A_T = 56,55 \text{ m}^2 > 55,74 \text{ m}^2)$$

$$R_2 = 1 \quad (F < 4)$$

$$L_0 \text{ atap} = 4,79 \text{ kN/m}^2$$

$$L_r = L_0 R_1 R_2 = 4,79 \times 0,6 \times 1 = 2,874$$

$$0,58 \leq L_r \leq 0,96, \text{ maka } L_r = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

Jadi total beban hidup pelat lantai atap:

$$L_{\text{atap}} = 0,96 \times 7,8 \times 7,25 = 54,28 \text{ kN}$$

### Kombinasi beban

$$Q_u = 1,4 D = 1,4 \times 4136,03 = 5790,45 \text{ kN}$$

$$Q_u = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 L_r$$

$$= (1,2 \times 5790,45) + (1,6 \times 544,58) + (0,5 \times 54,28)$$

$$= 5861,71 \text{ kN}$$

Diambil yang terbesar  $Q_u = 5861,71$  kN, maka perhitungan dimensi kolom sebagai berikut:

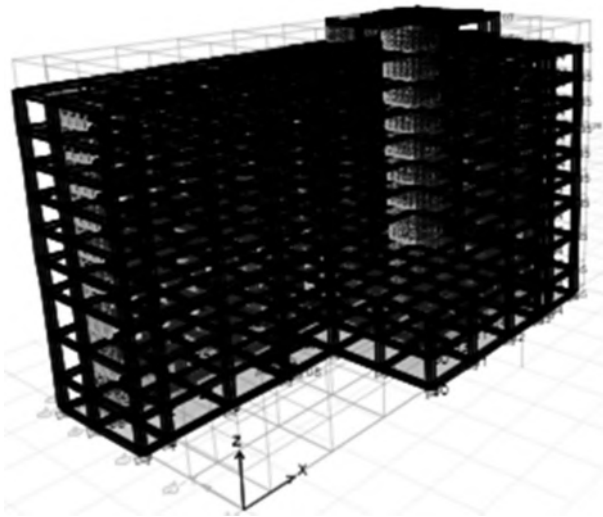
$$A = \frac{P}{0,3 \times f'_c} = \frac{5861705}{0,3 \times 35} = 558257,7 \text{ mm}^2$$

$$b = \sqrt{A} = \sqrt{558257,7} = 747,16 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$

Jadi digunakan dimensi kolom  $75 \times 75 \text{ cm}^2$ .

### 4.3 Pemodelan Struktur Sistem Ganda

Pemodelan gedung tinjauan terlebih dahulu dimodelkan dengan sistem ganda yaitu sistem struktur yang memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding geser dan sekurang-kurangnya 25% oleh rangka pemikul momen.



Gambar 4. 3 Pemodelan Sistem Ganda

#### 4.4 Pembebanan Sistem Ganda

Setelah dilakukan pemodelan struktur pada program bantuan, setelah itu memasukkan pembebanan. Dalam program bantuan hanya dimasukkan beban mati tambahan dan beban hidup dikarenakan berat sendiri elemen struktur dihitung oleh program bantuan. Namun berikut akan dirincikan perhitungan manual pembebanan secara keseluruhan setiap lantai.

Tabel 4. 3 Beban Mati Lantai 1

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	75,57	24	kN/m <sup>3</sup>	1813,61
Dinding struktur	54,21	24	kN/m <sup>3</sup>	1300,95
Balok Induk	115,13	24	kN/m <sup>3</sup>	2763,07
Balok anak	40,22	24	kN/m <sup>3</sup>	965,16
Pelat	154,06	24	kN/m <sup>3</sup>	3697,48
Plafon+Penggantung	1283,85	0,18	kN/m <sup>2</sup>	231,09
Spesi	1283,85	0,21	kN/m <sup>2</sup>	269,61
Tegel	1283,85	0,24	kN/m <sup>2</sup>	308,12
Mekanikal	1283,85	0,4	kN/m <sup>2</sup>	513,54
Plumbing	1283,85	0,25	kN/m <sup>2</sup>	320,96
Partisi	1283,85	0,72	kN/m <sup>2</sup>	924,37
Dinding	1082,37	2,5	kN/m <sup>2</sup>	2705,94
Total				15813,91



Tabel 4. 4 Beban Mati Lantai 2

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	86,36	24	kN/m <sup>3</sup>	2072,70
Dinding struktur	61,95	24	kN/m <sup>3</sup>	1486,80
Balok Induk	115,13	24	kN/m <sup>3</sup>	2763,07
Balok anak	40,22	24	kN/m <sup>3</sup>	965,16
Pelat	154,06	24	kN/m <sup>3</sup>	3697,48
Plafon+Penggantung	1283,85	0,18	kN/m <sup>2</sup>	231,09
Spesi	1283,85	0,21	kN/m <sup>2</sup>	269,61
Tegel	1283,85	0,24	kN/m <sup>2</sup>	308,12
Mekanikal	1283,85	0,4	kN/m <sup>2</sup>	513,54
Plumbing	1283,85	0,25	kN/m <sup>2</sup>	320,96
Partisi	1283,85	0,72	kN/m <sup>2</sup>	924,37
Dinding	1237	2,5	kN/m <sup>2</sup>	3092,50
Total				16645,41

Tabel 4. 5 Beban Mati Lantai 3

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	63,85	24	kN/m <sup>3</sup>	1532,30
Dinding struktur	52,66	24	kN/m <sup>3</sup>	1263,78
Balok Induk	100,15	24	kN/m <sup>3</sup>	2403,65
Balok anak	29,30	24	kN/m <sup>3</sup>	703,08
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88

Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86
Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1483,25	2,5	kN/m <sup>2</sup>	3708,13
Total				14812,95

Tabel 4. 6 Beban Mati 4-7

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	52,58	24	kN/m <sup>3</sup>	1261,89
Dinding struktur	43,37	24	kN/m <sup>3</sup>	1040,76
Balok Induk	100,15	24	kN/m <sup>3</sup>	2403,65
Balok anak	29,30	24	kN/m <sup>3</sup>	703,08
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88
Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86
Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1221,5	2,5	kN/m <sup>2</sup>	3053,75
Total				13665,15

Tabel 4. 7 Beban Mati Lantai 8

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	54,46	24	kN/m <sup>3</sup>	1306,96
Dinding struktur	44,91	24	kN/m <sup>3</sup>	1077,93
Balok Induk	100,15	24	kN/m <sup>3</sup>	2403,65
Balok anak	29,30	24	kN/m <sup>3</sup>	703,08
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88
Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86
Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1265,12	2,5	kN/m <sup>2</sup>	3162,81
Total				13856,45

Tabel 4. 8 Beban Mati Lantai Atap

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	32,26	24	kN/m <sup>3</sup>	774,29
Dinding struktur	38,67	24	kN/m <sup>3</sup>	927,99
Balok Induk	100,15	24	kN/m <sup>3</sup>	2403,65
Balok anak	29,30	24	kN/m <sup>3</sup>	703,08
Pelat	130,08	24	kN/m <sup>3</sup>	3121,88
Plafon+Penggantung	1083,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	195,12
Spesi	1083,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	227,64

Tegel	1083,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	260,16
Mekanikal	1083,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	433,60
Plumbing	1083,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	271,00
Partisi	1083,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	780,47
Dinding	747,075	2,5	kN/m <sup>2</sup>	1867,69
Total				11966,56

Tabel 4. 9 Beban Mati Lantai Dak

Komponen	Volume /Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	4,10	24	kN/m <sup>3</sup>	98,28
Dinding struktur	15,44	24	kN/m <sup>3</sup>	370,44
Balok Induk	23,74	24	kN/m <sup>3</sup>	569,66
Balok anak	5,87	24	kN/m <sup>3</sup>	140,91
Pelat	27,05	24	kN/m <sup>3</sup>	649,12
Plafon+Penggantung	225,39	0,18	kN/m <sup>2</sup>	40,57
Mekanikal	225,39	0,4	kN/m <sup>2</sup>	90,16
Plumbing	225,39	0,25	kN/m <sup>2</sup>	56,35
Dinding	92,7	2,5	kN/m <sup>2</sup>	231,75
Total				2247,23

Tabel 4. 10 Beban Hidup

Lantai	Luas	Beban Hidup	Jumlah
Dak	225,39	0,96	216,372
Lantai Atap	1083,99	1,92	2081,256
Lantai 8	1065,99	1,92	2046,696
Lantai 7	1065,99	1,92	2046,696

Lantai 6	1065,99	1,92	2046,696
Lantai 5	1065,99	1,92	2046,696
Lantai 4	1065,99	1,92	2046,696
Lantai 3	1065,99	1,92	2046,696
Lantai 2	1283,85	1,92	2464,9872
Lantai 1	1283,85	1,92	2464,9872

Dari rekapitulasi beban per lantai didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Beban Sistem Ganda

Lantai	Beban Hidup (kN)	Beban Mati (kN)	Total (kN)
Dak	216,37	2247,23	2463,60
Lantai Atap	2081,26	11966,56	14047,81
Lantai 8	2046,70	13856,45	15903,14
Lantai 7	2046,70	13665,15	15711,84
Lantai 6	2046,70	13665,15	15711,84
Lantai 5	2046,70	13665,15	15711,84
Lantai 4	2046,70	13665,15	15711,84
Lantai 3	2046,70	14812,95	16859,64
Lantai 2	2464,99	16645,41	19110,40
Lantai 1	2464,99	15813,91	18278,90
Total			149510,86

## 4.5 Analisa Gempa Sistem Ganda

Data-data bangunan

Tinggi Bangunan : 38 m  
 Fungsi bangunan : Hotel  
 Wilayah gempa : Padang

### a. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan Pasal 4.1.2. Tabel 1 SNI 1726:2012 gedung yang direncanakan termasuk ke dalam Kategori Risiko Bangunan II. Bangunan dengan Kategori Risiko Bangunan ini mempunyai nilai  $I_e = 1$  (Tabel 2.2)

### b. Menentukan klasifikasi situs

Berdasarkan tabel 2.4 penentuan klasifikasi situs dapat dilakukan dengan menentukan tahanan penetrasi rata-rata ( $N$ ) seperti diperhitungkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 12 Data Tanah

Nspt	Depth (m)	d1/N1
0	0	0
7	3	0,43
9	7	0,78
10	9	0,9
9	12	1,34
14	15	1,08
13	20	1,54
8	24	1,34
8	28	3,5
Total	118	10,91

Berdasarkan data tanah padang didapatkan nilai  $N = \frac{118}{10,91} = 10,82$ , maka termasuk klasifikasi situs tanah lunak (SE)

c. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada Gambar 2.4. dan Gambar 2.5. Untuk kota Padang didapat nilai  $S_s = 1,5g$  dan  $S_l = 0,6g$

d. Menentukan Koefisien Situs  $F_a$  Dan  $F_v$

Berdasarkan Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 didapat nilai  $F_a = 0,9$  dan  $F_v = 2,4$

e. Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 0,9 \times 1,5 = 1,35$$

$$S_{M1} = F_v \times S_l = 2,4 \times 0,6 = 1,44$$

Selanjutnya nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dapat dicari dengan persamaan 2.3 dan 2.4.

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 1,35 = 0,9$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 1,44 = 0,96$$

f. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 diketahui bahwa bangunan termasuk kategori desain seismik D berdasarkan parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{DI}$ .

- g. Menentukan koefisien modifikasi respon (R), faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan batasan tinggi struktur berdasarkan tabel 2.9.

Untuk pemodelan sistem ganda dengan dinding geser beton bertulang khusus didapatkan nilai  $R = 7$ ,  $\Omega_0 = 2,5$ ,  $C_d = 5,5$ .

h. Menentukan perkiraan periode alami fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental ( $T_a$ ) untuk struktur dinding geser batu bata atau beton boleh ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_a = \frac{0,062}{\sqrt{C_w}} h_n$$

dimana  $h_n$  adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan  $C_w$  dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left( \frac{h_n}{h_i} \right)^2 \left[ \frac{A_i}{1 + 0,83 \left( \frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right]$$

dimana:

$A_B$  = luas dasar struktur ( $m^2$ )

$A_i$  = luas badan dinding geser "i" ( $m^2$ )

$D_i$  = panjang dinding geser "i" (m)



$h_i$  = tinggi dinding geser “ $i$ ” (m)

$x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

$$C_{wx} = \frac{100}{1377,46} x \left[ \begin{array}{l} \left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{5,65}\right)^2\right)} + \\ \left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{9,35}\right)^2\right)} \end{array} \right]$$

$$C_{wx} = 0,093$$

$$C_{wy} = \frac{100}{1377,46} x \left[ \begin{array}{l} \left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{6}\right)^2\right)} + \\ 2x\left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{4,2}\right)^2\right)} + \\ \left(\frac{38}{36}\right)^2 x \frac{(35x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{35}{6}\right)^2\right)} \end{array} \right]$$

$$C_{wy} = 0,079$$

$$T_{ax} = \frac{0,0062}{\sqrt{0,093}} \times 38 = 0,774 \text{ s}$$

$$T_{ay} = \frac{0,0062}{\sqrt{0,079}} \times 38 = 0,839 \text{ s}$$

Batas atas perioda struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien  $C_u$ . Berdasarkan nilai  $S_{D1}$  yang didapat dari perhitungan sebelumnya.

$T = C_u T_a \rightarrow$  Tabel 2.10  $S_{D1} = 0,96 > 0,4 \rightarrow C_u = 1,4$ , maka

$$C_u T_{ax} = 1,4 \times 0,774 = 1,084$$

$$C_u T_{ay} = 1,4 \times 0,839 = 1,174$$

#### i. Perhitungan Gaya Dasar Seismik (V)

Data desain :

$$S_{DS} = 0,9$$

$$S_{D1} = 0,96$$

Faktor reduksi gempa,  $R = 7$  (SG),

Faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1 koefisien Respon Seismik ( $C_s$ ) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,9}{7/1} = 0,129$$

Dan  $C_s$  tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,96}{1.045\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,131$$

Dan  $C_s$  tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,9 \times 1 \geq 0,01 \quad C_s = 0,0396 \geq 0,01$$

Maka, nilai  $C_s$  diambil 0,129

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1 penentuan gaya dasar seismik ( $V$ ) dihitung berdasarkan persamaan 21 pada SNI 1726:2012. Sebagaimana ditunjukkan pula pada rumus dibawah ini:

$$V = C_s W = 0,129 \times 149510,86 = 19286,91 \text{ kN}$$

#### 4.6 Kontrol Analisa Struktur Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2012, hasil analisa struktur harus dikontrol dengan batasan-batasan tertentu. Kontrol-kontrol tersebut antara lain:

- Kontrol Periode Struktur
- Kontrol *Base Shear*
- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Simpangan
- Kontrol Sistem Ganda
- Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

##### 4.6.1 Kontrol Periode Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 nilai periode struktur harus dikontrol sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Tabel Periode Struktur

	Ta	T	CuTa	
X	0,774	1,081	1,084	Ok
Y	0,839	0,924	1,174	Ok

#### 4.6.2 Kontrol *Base Shear*

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 nilai gaya geser dinamik ( $V_{dinamik}$ ) harus lebih besar 85% dar gaya geser statik ( $V_{statik}$ ). Bila lebih kecil, maka diperlukan faktor skala. Nilai  $V_{dinamik}$  yang didapat dari hasil analisa struktur pada program bantuan dan 85%  $V_{statik}$  adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Perbandingan Base Shear Awal

	$V_{dinamik}$	$0,85 \times V_{statik}$	Kontrol
$F_x$	13222,58	16393,87	not ok
$F_y$	11113,91	16393,87	not ok

Sebagaimana diperlihatkan pada tabel bahwa kontrol akhir tidak memenuhi syarat  $V_{dinamik} > 85\% V_{statik}$  maka spektra respon desain pada analisis struktur harus dikalikan faktor skala yang ditentukan dengan  $0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}}$ . Besarnya faktor skala adalah sebagai berikut:

- Faktor arah x

$$0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} = 0,85 \times \frac{16393,87}{13222,58} = 1,24$$

- Faktor arah y

$$0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} = 0,85 \times \frac{16393,87}{11113,91} = 1,48$$

Setelah diperoleh faktor skala masing-masing arah pembebanan selanjutnya dilakukan analisis ulang dengan mengalikan faktor skala yang diperoleh pada *scale factor respons spectra*. Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Perbandingan Base Shear Akhir

	Vdinamik	0,85 x Vstatik	Kontrol
Fx	16525,51	16393,87	Ok
Fy	16442,82	16393,87	Ok

Setelah dilakukan analisis ulang, maka gempa dinamik telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.

#### 4.6.3 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantuan didapatkan jumlah respon ragam sebagai berikut:

Tabel 4. 16 Jumlah Respon Ragam

Mode	Sum UX	Sum UY
1	0,0053	0,7224
2	0,0693	0,7231

3	0,7441	0,728
4	0,7464	0,8747
5	0,8419	0,8791
6	0,8968	0,8794
7	0,9033	0,9243
8	0,9361	0,9353
9	0,9452	0,936
10	0,9648	0,9375

Berdasarkan hasil analisa pada tabel di atas menunjukkan pada *mode shape* 7, syarat partisipasi massa telah terpenuhi.

#### 4.6.4 Kontrol Simpangan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol simpangan dan syarat simpangan harus ditentukan berdasarkan pasal 7.8.6

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I}$$

Dimana :

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (5)

$I$  = Faktor Keutamaan Gempa (1)

Sedangkan untuk syarat simpangan antar lantai ijin pada pasal 7.2.1 SNI 1726:2012,  $\Delta_s = 0,02h_{sx}$  dengan  $\Delta$  merupakan selisih antara defleksi yang ditunjukkan pada analisis struktur dengan defleksi akibat pembesaran.

Hasil kontrol simpangan pada analisis struktur akibat gempa dinamik arah x (RSx) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah x

Level	H	$\Delta x_e$		$\Delta x$		$\Delta$		$\Delta s$	kontrol
		X	Y	X	y	x	Y		
10	38	76,3	34,3	419,7	188,65	33	7,15	60	Ok
9	35	70,3	35,6	386,7	195,8	41,25	22,55	75	Ok
8	31,25	62,8	31,5	345,4	173,25	41,25	22	70	Ok
7	27,75	55,3	27,5	304,2	151,25	43,45	23,1	70	Ok
6	24,25	47,4	23,3	260,7	128,15	45,1	23,1	70	Ok
5	20,75	39,2	19,1	215,6	105,05	45,65	22,55	70	Ok
4	17,25	30,9	15	170	82,5	44	22,55	70	Ok
3	13,75	22,9	10,9	126	59,95	58,85	29,7	100	Ok
2	8,75	12,2	5,5	67,1	30,25	47,3	22	100	Ok
1	3,75	3,6	1,5	19,8	8,25	19,8	8,25	75	Ok

Sedangkan hasil kontrol simpangan pada analisis struktur akibat gempa dinamik arah y (RSy) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah y

Level	H	$\Delta x_e$		$\Delta x$		$\Delta$		$\Delta s$	kontrol
		X	Y	X	Y	x	Y		
10	38	21,8	107,7	119,9	592,35	9,35	17,05	60	Ok
9	35	20,1	104,6	110,6	575,3	12,1	63,25	75	Ok
8	31,25	17,9	93,1	98,45	512,05	12,1	63,25	70	Ok
7	27,75	15,7	81,6	86,35	448,8	12,65	66,55	70	Ok

6	24,25	13,4	69,5	73,7	382,25	13,2	69,3	70	Ok
5	20,75	11	56,9	60,5	312,95	13,2	69,3	70	Ok
4	17,25	8,6	44,3	47,3	243,65	12,1	67,65	70	Ok
3	13,75	6,4	32	35,2	176	16,5	88,55	100	Ok
2	8,75	3,4	15,9	18,7	87,45	13,2	64,9	100	Ok
1	3,75	1	4,1	5,5	22,55	5,5	22,55	75	Ok

#### 4.6.5 Kontrol Sistem Ganda

Sistem Ganda merupakan sistem struktur dimana beban lateral gempa dipikul bersama oleh dinding geser dan rangka dengan persyaratan sekurang-kurangnya 25% beban lateral dipikul oleh rangka. Oleh sebab itu, diperlukan pengecekan prosentase pada reaksi perletakan kolom maupun dinding geser akibat gaya gempa. Hal diperlukan untuk melihat kemampuan dinding geser maupun rangka dalam menyerap beban lateral akibat gempa.

Tabel 4. 19 Kontrol Prosentase Gaya Lateral

RS	Fx		Fy	
	Kolom	SW	Kolom	SW
Total	5294,29	12156,52	4679,30	13289,78
Total gaya	17450,81		17969,08	
Prosentase	30%	70%	26%	74%

#### 4.6.6 Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

Torsi berdasarkan SNI 1726:2012 terdiri dari torsi bawaan dan torsi tak terduga. Eksentrisitas dari torsi bawaan dapat dilihat melalui ETABS. Berikut merupakan data eksentrisitas dari torsi bawaan yang didapat melalui *software* ETABS Untuk masing-masing arah baik searah sumbu-x dan searah sumbu-y. Dari



program bantu analisis didapat nilai pusat massa ( $X_{CM}$  dan  $Y_{CM}$ ), serta pusat kekakuan ( $X_{CR}$  dan  $Y_{CR}$ ) yang diperlihatkan pada Tabel 4.20. Dari nilai-nilai ini dapat diketahui besarnya eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan ( $e_x$ , dan  $e_y$ ).

Tabel 4. 20 Data Eksentrisitas Torsi Bawaan ETABS

Level	PUSAT MASSA		PUSAT ROTASI		EKSENTRISITAS ( e )	
	XCM(m)	YCM(m)	XCR(m)	YCR(m)	X(m)	Y(m)
10	35,163	19,187	38,956	19,821	-3,794	-0,634
9	35,971	19,424	38,557	19,885	-2,586	-0,460
8	35,580	19,159	38,307	20,081	-2,727	-0,922
7	35,499	19,174	38,039	20,312	-2,540	-1,138
6	35,499	19,174	37,772	20,581	-2,273	-1,407
5	35,499	19,174	37,497	20,887	-1,998	-1,713
4	35,499	19,174	37,208	21,233	-1,709	-2,060
3	35,473	19,160	36,890	21,615	-1,417	-2,455
2	35,791	17,613	36,477	22,010	-0,686	-4,397
1	35,271	17,483	35,904	21,494	-0,633	-4,011

Eksentrisitas dari torsi tak terduga adalah eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur bangunan dimana gaya gempa bekerja. Data mengenai eksentrisitas tak terduga dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut ini.

Tabel 4. 21 Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga

Level	Panjang bentang total sumbu-y (Ly)-(mm)	Panjang bentang total sumbu-x (Lx)-(mm)	0.05 Ly (mm)	0.05 Lx (mm)
10	14500	19000	725	950
9	30100	61000	1505	3050
8	30100	61000	1505	3050
7	30100	61000	1505	3050
6	30100	61000	1505	3050
5	30100	61000	1505	3050
4	30100	61000	1505	3050
3	30100	61000	1505	3050
2	30100	61000	1505	3050
1	30100	61000	1505	3050

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor pembesaran momen torsi tak terduga ( $A$ ) ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$A = (\delta_{max} / (1,2 \delta_{avg} ))^2 \geq 1$$

Untuk mengetahui faktor amplifikasi ( $A_x$ ), dicari nilai  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$ , dengan besar nilai  $\delta_{avg}$  adalah:

$$\delta_{avg} = (\delta_{max}, \delta_{min}) / 2$$

Nilai-nilai  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$  diambil dari kombinasi pembebanan terbesar atau kombinasi envelope. Nilai dari  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$  dan  $A_x$  untuk pembebanan gempa arah x / sumbu-x dominan didapat dari *software* ETABS terdapat dalam berikut ini.

Tabel 4. 22 Nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{av}}$ ,  $A_x$  untuk gempa arah x dominan

Level	$\delta_{\max}$ (mm)	$\delta_{\text{avg}}$ (mm)	$1,2 \delta_{\text{avg}}$ (mm)	$A_x$	Kontrol Torsi
10	71,5	71,3	85,56	0,698	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	69,8	67,8	81,36	0,736	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	63,2	61,1	73,32	0,743	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	56,3	54,1	64,92	0,752	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	48,8	46,7	56,04	0,758	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	40,9	38,9	46,68	0,768	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	32,7	31	37,20	0,773	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	24,6	23,1	27,72	0,788	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	13,1	12,3	14,76	0,788	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	3,8	3,6	4,32	0,774	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tabel 4. 23 Nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{av}}$ ,  $A_y$  untuk gempa arah y dominan

Level	$\delta_{\max}$ (mm)	$\delta_{\text{avg}}$ (mm)	$1,2 \delta_{\text{avg}}$ (mm)	$A_y$	Kontrol Torsi
10	97,5	91,8	110,16	0,783	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	117,3	98,7	118,44	0,981	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	104,7	88,5	106,20	0,972	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	92,1	78,2	93,84	0,963	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	78,7	67,1	80,52	0,955	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	64,7	55,4	66,48	0,947	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	50,5	43,5	52,20	0,936	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	36,6	31,8	38,16	0,920	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	18,3	16	19,20	0,908	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	4,7	4,2	5,04	0,870	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum ( $\delta_{\max}$ ) dan defleksi rata-rata ( $\delta_{\text{avg}}$ ):

1.  $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$  = Tanpa ketidakberaturan torsi
2.  $1,2 \delta_{\max} [\delta_{\max} < 1,4 \delta_{\text{avg}}$  = ketidakberaturan torsi Ia
3.  $\delta_{\max} > 1,4 \delta_{\text{avg}}$  = Ketidak beraturan torsi

Dilihat dari Table 4.22 dan 4.23 tersebut terlihat bahwa  $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$ , sehingga struktur bangunan tersebut termasuk kedalam kategori tanpa ketidakberaturan torsi dengan faktor amplifikasi ( $A_x < 1$ ) sehingga untuk perhitungan eksentrisitas desain searah sumbu x (edx) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_x$ ) dan untuk arah perhitungan eksentrisitas desain searah sumbu y (edy) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_y$ )

dengan nilai . Untuk eksentrisitas desain berikut ini yang menghasilkan pengaruh paling besar.

- $edx = e_{0x} + [0,05 L_x][A_x]$
- $edx = e_{0x} - [0,05 L_x][A_x]$
- $edy = e_{0y} + [0,05 L_y][A_y]$
- $edy = e_{0y} - [0,05 L_y][A_y]$

Perhitungan penentuan eksentrisitas desain arah x / sumbu-x (edx) dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 24 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu y (edy)

Level	$e_{0y}$ (mm)	0,05 $L_y$ (mm)	$A_y$	edy (mm)	edy (mm)
10	-634	725	1	91	634
9	-460	1505	1	1045	460

8	-922	1505	1	583	922
7	-1138	1505	1	367	1138
6	-1407	1505	1	98	1407
5	-1713	1505	1	-208	1713
4	-2060	1505	1	-555	2060
3	-2455	1505	1	-950	2455
2	-4397	1505	1	-2892	4397
1	-4011	1505	1	-2506	4011

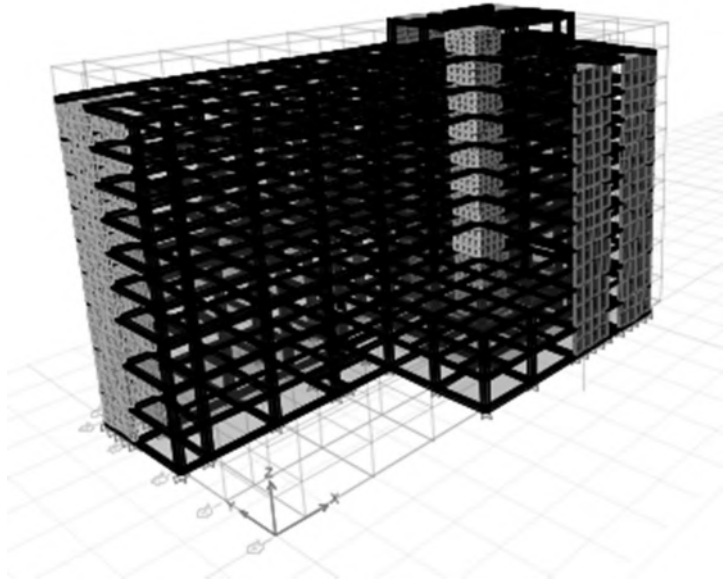
Tabel 4. 25 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu x (edx)

Level	e0x (mm)	0,05 Lx (mm)	Ax	edx (mm)	edx (mm)
10	-3794	950	1	-2844	3794
9	-2586	3050	1	464	2586
8	-2727	3050	1	323	2727
7	-2540	3050	1	510	2540
6	-2273	3050	1	777	2273
5	-1998	3050	1	1052	1998
4	-1709	3050	1	1341	1709
3	-1417	3050	1	1633	1417
2	-686	3050	1	2364	686
1	-633	3050	1	2417	633

#### 4.7 Pemodelan Struktur Sistem Rangka Gedung

Pemodelan struktur yang kedua pada studi ini ialah sistem rangka gedung dimana sistem struktur memiliki rangka ruang

pemikul beban gravitasi secara lengkap sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding geser.



Gambar 4. 4 Pemodelan Sistem Rangka Gedung

#### **4.8 Pembebanan Sistem Rangka Gedung**

Setelah dilakukan pemodelan struktur pada program bantuan, kemudian dilakukan pembebanan. Dalam program bantuan hanya dimasukkan beban mati tambahan dan beban hidup dikarenakan berat sendiri elemen struktur dihitung sendiri oleh program bantuan. Namun berikut akan dirincikan perhitungan manual pembebanan secara keseluruhan setiap lantai.

Tabel 4. 26 Beban Mati Lantai 1

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	48,06	24	kN/m <sup>3</sup>	1153,43
Dinding struktur	103,49	24	kN/m <sup>3</sup>	2483,78
Balok Induk	71,15	24	kN/m <sup>3</sup>	1707,49
Balok anak	18,12	24	kN/m <sup>3</sup>	434,81
Pelat	154,06	24	kN/m <sup>3</sup>	3697,48
Plafon+Penggantung	1283,85	0,18	kN/m <sup>2</sup>	231,09
Spesi	1283,85	0,21	kN/m <sup>2</sup>	269,61
Tegel	1283,85	0,24	kN/m <sup>2</sup>	308,12
Mekanikal	1283,85	0,4	kN/m <sup>2</sup>	513,54
Plumbing	1283,85	0,25	kN/m <sup>2</sup>	320,96
Partisi	1283,85	0,72	kN/m <sup>2</sup>	924,37
Dinding	892,281	2,5	kN/m <sup>2</sup>	2230,70
Total				14275,38

Tabel 4. 27 Beban Matii Lantai 2

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	54,93	24	kN/m <sup>3</sup>	1318,20
Dinding struktur	118,28	24	kN/m <sup>3</sup>	2838,60
Balok Induk	71,15	24	kN/m <sup>3</sup>	1707,49
Balok anak	18,12	24	kN/m <sup>3</sup>	434,81
Pelat	154,06	24	kN/m <sup>3</sup>	3697,48
Plafon+Penggantung	1283,85	0,18	kN/m <sup>2</sup>	231,09
Spesi	1283,85	0,21	kN/m <sup>2</sup>	269,61

Tegel	1283,85	0,24	kN/m <sup>2</sup>	308,12
Mekanikal	1283,85	0,4	kN/m <sup>2</sup>	513,54
Plumbing	1283,85	0,25	kN/m <sup>2</sup>	320,96
Partisi	1283,85	0,72	kN/m <sup>2</sup>	924,37
Dinding	1019,75	2,5	kN/m <sup>2</sup>	2549,38
Total				15113,65

Tabel 4. 28 Tabel Beban Lantai 3

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	39,50	24	kN/m <sup>3</sup>	948,09
Dinding struktur	100,53	24	kN/m <sup>3</sup>	2412,81
Balok Induk	62,72	24	kN/m <sup>3</sup>	1505,32
Balok anak	12,66	24	kN/m <sup>3</sup>	303,77
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88
Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86
Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1298,58	2,5	kN/m <sup>2</sup>	3246,47
Total				13618,47



Tabel 4. 29 Beban Mati Lantai 4-7

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	32,53	24	kN/m <sup>3</sup>	780,78
Dinding struktur	82,79	24	kN/m <sup>3</sup>	1987,02
Balok Induk	62,72	24	kN/m <sup>3</sup>	1505,32
Balok anak	12,66	24	kN/m <sup>3</sup>	303,77
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88
Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86
Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1069,42	2,5	kN/m <sup>2</sup>	2673,56
Total				12452,47

Tabel 4. 30 Beban Mati Lantai 8

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	33,69	24	kN/m <sup>3</sup>	808,67
Dinding struktur	85,75	24	kN/m <sup>3</sup>	2057,99
Balok Induk	62,72	24	kN/m <sup>3</sup>	1505,32
Balok anak	12,66	24	kN/m <sup>3</sup>	303,77
Pelat	127,92	24	kN/m <sup>3</sup>	3070,04
Plafon+Penggantung	1065,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	191,88
Spesi	1065,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	223,86

Tegel	1065,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	255,84
Mekanikal	1065,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	426,40
Plumbing	1065,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	266,50
Partisi	1065,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	767,51
Dinding	1107,61	2,5	kN/m <sup>2</sup>	2769,05
Total				12646,80

Tabel 4. 31 Beban Mati Lantai Atap

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	21,86	24	kN/m <sup>3</sup>	524,75
Dinding struktur	59,90	24	kN/m <sup>3</sup>	1437,62
Balok Induk	62,72	24	kN/m <sup>3</sup>	1505,32
Balok anak	12,66	24	kN/m <sup>3</sup>	303,77
Pelat	130,08	24	kN/m <sup>3</sup>	3121,88
Plafon+Penggantung	1083,99	0,18	kN/m <sup>2</sup>	195,12
Spesi	1083,99	0,21	kN/m <sup>2</sup>	227,64
Tegel	1083,99	0,24	kN/m <sup>2</sup>	260,16
Mekanikal	1083,99	0,4	kN/m <sup>2</sup>	433,60
Plumbing	1083,99	0,25	kN/m <sup>2</sup>	271,00
Partisi	1083,99	0,72	kN/m <sup>2</sup>	780,47
Dinding	657,881	2,5	kN/m <sup>2</sup>	1644,70
Total				10706,01

Tabel 4. 32 Tabel Beban Mati Lantai Dak

Komponen	Volume/ Luasan	berat jenis		jumlah (kN)
Kolom	4,44	24	kN/m <sup>3</sup>	106,47
Dinding struktur	15,55	24	kN/m <sup>3</sup>	373,14
Balok Induk	17,70	24	kN/m <sup>3</sup>	424,68
Balok anak	2,13	24	kN/m <sup>3</sup>	51,12
Pelat	26,15	24	kN/m <sup>3</sup>	627,52
Plafon+Penggantung	217,89	0,18	kN/m <sup>2</sup>	39,22
Mekanikal	217,89	0,4	kN/m <sup>2</sup>	87,16
Plumbing	217,89	0,25	kN/m <sup>2</sup>	54,47
Dinding	89,025	2,5	kN/m <sup>2</sup>	222,56
Total				1986,33

Beban hidup yang ada pada pemodelan sistem rangka gedung sama dengan sistem ganda sehingga mengikuti tabel 4.10.

Dari rekapitulasi beban per lantai didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 33 Rekapitulasi Beban Sistem Rangka Gedung

Lantai	Beban Hidup (kN)	Beban Mati (kN)	Total (kN)
Dak	216,37	2014,16	2230,53
Lantai Atap	2081,26	10706,01	12787,27
Lantai 8	2046,70	12646,80	14693,50
Lantai 7	2046,70	12452,47	14499,16
Lantai 6	2046,70	12452,47	14499,16
Lantai 5	2046,70	12452,47	14499,16
Lantai 4	2046,70	12452,47	14499,16

Lantai 3	2046,70	13618,47	15665,17
Lantai 2	2464,99	15113,65	17578,64
Lantai 1	2464,99	14275,38	16740,37
Total			137692,13

#### 4.9 Analisa Gempa Sistem Rangka Gedung

Data-data bangunan

Tinggi Bangunan : 38 m  
 Fungsi bangunan : Hotel  
 Wilayah gempa : Padang

##### a. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan Pasal 4.1.2. Tabel 1 SNI 1726:2012 gedung yang direncanakan termasuk ke dalam Kategori Risiko Bangunan II. Bangunan dengan Kategori Risiko Bangunan ini mempunyai nilai  $I_e = 1$  (Tabel 2.2)

##### b. Menentukan klasifikasi situs

Data tanah yang digunakan sama dengan sistem struktur ganda sehingga klasifikasi situs termasuk tanah lunak (SE)

##### c. Menentukan Parameter Percepatan Gempa

Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada Gambar 2.4. dan Gambar 2.5. Untuk kota Padang didapat nilai  $S_s = 1,5g$  dan  $S_l = 0,6g$

d. Menentukan Koefisien Situs  $F_a$  Dan  $F_v$

Berdasarkan Tabel 2.5 dan Tabel 2.6 didapat nilai  $F_a = 0,9$  dan  $F_v = 2,4$

e. Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 0,9 \times 1,5 = 1,35$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,6 = 1,44$$

Selanjutnya nilai  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  dapat dicari dengan persamaan 2.3 dan 2.4.

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 1,35 = 0,9$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 1,44 = 0,96$$

f. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 diketahui bahwa bangunan termasuk kategori desain seismik D berdasarkan parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .

g. Menentukan koefisien modifikasi respon ( $R$ ), faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ), faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) dan batasan tinggi struktur berdasarkan tabel 2.9.

Untuk pemodelan sistem rangka gedung dengan dinding geser beton bertulang khusus didapatkan nilai  $R = 6$ ,  $\Omega_0 = 2,5$ ,  $C_d = 5$ .

#### h. Menentukan perkiraan periode alami fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 penentuan perkiraan perioda alami fundamental ( $T_a$ ) untuk struktur dinding geser batu bata atau beton boleh ditentukan dengan persamaan berikut:

$$T_a = \frac{0,0062}{\sqrt{C_w}} h_n$$

dimana  $h_n$  adalah ketinggian struktur (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan  $C_w$  dihitung dengan persamaan berikut:

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \left( \frac{h_n}{h_i} \right)^2 \left[ \frac{A_i}{1 + 0,83 \left( \frac{h_i}{D_i} \right)^2} \right]$$

dimana:

$A_B$  = luas dasar struktur ( $m^2$ )

$A_i$  = luas badan dinding geser “ $i$ ” ( $m^2$ )

$D_i$  = panjang dinding geser “ $i$ ” (m)

$h_i$  = tinggi dinding geser “ $i$ ” (m)

$x$  = jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif dalam menahan gaya lateral dalam arah yang ditinjau.

$$C_{wx} = \frac{100}{1377,46} x \left[ \begin{array}{l} \left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{5,65}\right)^2\right)} + \\ \left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{9,35}\right)^2\right)} + \\ \left(\frac{38}{35}\right)^2 x \frac{(35x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{35}{6,65}\right)^2\right)} \end{array} \right]$$

$$C_{wx} = 0,166$$

$$C_{wy} = \frac{100}{1377,46} x \left[ \begin{array}{l} 2x\left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{6}\right)^2\right)} + \\ 2x\left(\frac{38}{38}\right)^2 x \frac{(38x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{38}{4,2}\right)^2\right)} + \\ 2x\left(\frac{38}{35}\right)^2 x \frac{(35x0,35)}{\left(1 + 0,83\left(\frac{35}{6}\right)^2\right)} \end{array} \right]$$

$$C_{wy} = 0,133$$

$$T_{ax} = \frac{0,0062}{\sqrt{0,166}} 38 = 0,579 \text{ s}$$

$$T_{ay} = \frac{0,0062}{\sqrt{0,133}} 38 = 0,644 \text{ s}$$

Batas atas periode struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien  $C_u$ . Berdasarkan nilai  $S_{D1}$  yang didapat dari perhitungan sebelumnya.

$T = C_u T_a \rightarrow$  Tabel 2.10  $S_{D1} = 0,96 > 0,4 \rightarrow C_u = 1,4$ , maka

$$C_u T_{ax} = 1,4 \times 0,579 = 0,810$$

$$C_u T_{ay} = 1,4 \times 0,644 = 0,902$$

#### i. Perhitungan Gaya Dasar Seismik (V)

Data desain :

$$S_{DS} = 0,9$$

$$S_{D1} = 0,96$$

Faktor reduksi gempa,  $R = 6$  (SRG)

Faktor keutamaan gempa,  $I_e = 1$

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1 koefisien Respon Seismik ( $C_s$ ) ditentukan dengan perumusan berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,9}{6/1} = 0,15$$



Dan  $C_s$  tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,96}{1,045\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,153$$

Dan  $C_s$  tidak kurang dari :

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_s = 0,044 \times 0,9 \times 1 \geq 0,01 \quad C_s = 0,0396 \geq 0,01$$

Maka, nilai  $C_s$  diambil 0,15

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1 penentuan gaya dasar seismik ( $V$ ) dihitung berdasarkan persamaan 21 pada SNI 1726:2012. Sebagaimana ditunjukkan pula pada rumus dibawah ini:

$$V = C_s W = 0,15 \times 137692,11 = 20654 \text{ kN}$$

#### 4.10 Kontrol Analisa Struktur Sistem Rangka Gedung

Berdasarkan SNI 1726:2012, hasil analisa struktur harus dikontrol dengan batasan-batasan tertentu. Kontrol-kontrol tersebut antara lain:

- Kontrol Periode Struktur
- Kontrol *Base Shear*
- Kontrol Partisipasi Massa
- Kontrol Simpangan
- Kontrol Sistem Ganda
- Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

#### 4.10.1 Kontrol Periode Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 nilai perioda struktur harus dikontrol sebagai berikut:

Tabel 4. 34 Tabel Periode Struktur

	Ta	T	CuTa	
X	0,579	0,802	0,81	Ok
Y	0,644	0,770	0,902	Ok

#### 4.10.2 Kontrol *Base Shear*

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4 nilai gaya geser dinamik ( $V_{dinamik}$ ) harus lebih besar 85% dar gaya geser statik ( $V_{statik}$ ). Bila lebih kecil, maka diperlukan faktor skala. Nilai  $V_{dinamik}$  yang didapat dari hasil analisa struktur pada program bantuan dan 85%  $V_{statik}$  adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 35 Perbandingan Base Shear Awal

	$V_{dinamik}$	$0,85 \times V_{statik}$	Kontrol
$F_x$	14398,14	17555,75	not ok
$F_y$	15302,27	17555,75	not ok

Sebagaimana diperlihatkan pada tabel bahwa kontrol akhir tidak memenuhi syarat  $V_{dinamik} > 85\% V_{statik}$  maka spektra respon desain pada analisis struktur harus dikalikan faktor skala yang ditentukan dengan  $0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}}$ . Besarnya faktor skala adalah sebagai berikut:

- Faktor arah x

$$0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} = \frac{17555,75}{14398,14} = 1,22$$

- Faktor arah y

$$0,85 \times \frac{V_{statik}}{V_{dinamik}} = \frac{17555,75}{15302,27} = 1,15$$

Setelah diperoleh faktor skala masing-masing arah pembebanan selanjutnya dilakukan analisis ulang dengan mengalikan faktor skala yang diperoleh pada *scale factor respons spectra*. Kemudian didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 36 Perbandingan Base Shear Akhir

	Vdinamik	0,85 x Vstatik	Kontrol
F <sub>x</sub>	17697,20	17555,75	Ok
F <sub>y</sub>	17589,74	17555,75	Ok

Setelah dilakukan analisis ulang, maka gempa dinamik telah memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.

#### 4.10.3 Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Dari hasil analisa struktur menggunakan program bantuan didapatkan jumlah respon ragam sebagai berikut:

Tabel 4. 37 Jumlah Respon Ragam

Mode	Sum UX	Sum UY
1	0,660	0,013
2	0,680	0,708
3	0,731	0,723
4	0,885	0,725
5	0,889	0,893
6	0,943	0,895
7	0,944	0,900
8	0,945	0,945
9	0,965	0,946
10	0,971	0,949

Berdasarkan hasil analisa pada tabel di atas menunjukkan pada *mode shape 7*, syarat partisipasi massa telah terpenuhi.

#### 4.10.4 Kontrol Simpangan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol simpangan dan syarat simpangan harus ditentukan berdasarkan pasal 7.8.6

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I}$$

Dimana :

$\delta_x$  = defleksi pada lantai ke-x

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi (5)

$I$  = Faktor Keutamaan Gempa (1)

Sedangkan untuk syarat simpangan antar lantai ijin pada pasal 7.2.1 SNI 1726:2012,  $\Delta_s = 0,02h_{sx}$  dengan  $\Delta$  merupakan selisih antara defleksi yang ditunjukkan pada analisis struktur dengan defleksi akibat pembesaran.

Hasil kontrol simpangan pada analisis struktur akibat gempa dinamik arah x (RSx) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 38 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah x

Level	H	$\Delta_{xe}$		$\Delta_x$		$\Delta$		$\Delta_s$	kontrol
		X	Y	X	Y	X	y		
10	38	83,8	37,7	419	188,5	32,5	15,5	60	Ok
9	35	77,3	34,6	386,5	173	44,5	20	75	Ok
8	31,25	68,4	30,6	342	153	44	20	70	Ok
7	27,75	59,6	26,6	298	133	45	20,5	70	Ok
6	24,25	50,6	22,5	253	112,5	46,5	20,5	70	Ok
5	20,75	41,3	18,4	206,5	92	45,5	20,5	70	Ok
4	17,25	32,2	14,3	161	71,5	43,5	19,5	70	Ok
3	13,75	23,5	10,4	117,5	52	56	24,5	100	Ok
2	8,75	12,3	5,5	61,5	27,5	43	18,5	100	Ok
1	3,75	3,7	1,8	18,5	9	18,5	9	75	Ok

Sedangkan hasil kontrol simpangan pada analisis struktur akibat gempa dinamik arah y (RSy) adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 39 Kontrol Simpangan akibat Respon Spektrum arah y

Level	H	$\Delta x_e$		$\Delta x$		$\Delta$		$\Delta s$	kontrol
		X	Y	X	Y	X	y		
10	38	23,7	50,2	118,5	251	9,5	20	60	Ok
9	35	21,8	46,2	109	231	12,5	27,5	75	Ok
8	31,25	19,3	40,7	96,5	203,5	12	26,5	70	Ok
7	27,75	16,9	35,4	84,5	177	13	27,5	70	Ok
6	24,25	14,3	29,9	71,5	149,5	13	27,5	70	Ok
5	20,75	11,7	24,4	58,5	122	13	27	70	Ok
4	17,25	9,1	19	45,5	95	12	26	70	Ok
3	13,75	6,7	13,8	33,5	69	16	32,5	100	Ok
2	8,75	3,5	7,3	17,5	36,5	12,5	24,5	100	Ok
1	3,75	1	2,4	5	12	5	12	75	Ok

#### 4.10.5 Kontrol Sistem Rangka Gedung

Sistem Rangka Gedung merupakan sistem struktur dimana beban lateral gempa dipikul oleh dinding geser. Oleh sebab itu, diperlukan pengecekan prosentase pada reaksi perletakan kolom maupun dinding geser akibat gaya gempa Hal diperlukan untuk melihat kemampuan dinding geser dalam menyerap beban lateral akibat gempa.

Tabel 4. 40 Kontrol Prosentase Gaya Lateral

RS	Fx		Fy	
	kolom	SW	Kolom	SW
Total	1725,05	15532,95	1276,83	12640,27
Total gaya	17258,01		13917,10	
Prosentase	10%	90%	9%	91%

#### 4.10.6 Kontrol Eksentrisitas dan Torsi

Torsi berdasarkan SNI 1726:2012 terdiri dari torsi bawaan dan torsi tak terduga. Eksentrisitas dari torsi bawaan dapat dilihat melalui ETABS. Berikut merupakan data eksentrisitas dari torsi bawaan yang didapat melalui *software* ETABS Untuk masing-masing arah baik searah sumbu-x dan searah sumbu-y. Dari program bantu analisis didapat nilai pusat massa ( $X_{CM}$  dan  $Y_{CM}$ ), serta pusat kekakuan ( $X_{CR}$  dan  $Y_{CR}$ ) yang diperlihatkan pada Tabel 4.41. Dari nilai-nilai ini dapat diketahui besarnya eksentrisitas pusat massa dan pusat kekakuan ( $e_x$ , dan  $e_y$ ).

Tabel 4. 41 Data Eksentrisitas Torsi Bawaan ETABS

Level	PUSAT MASSA		PUSAT ROTASI		EKSENTRISITAS ( e )	
	XCM(m)	YCM(m)	XCR(m)	YCR(m)	X(m)	Y(m)
10	35,654	19,758	37,101	18,281	-1,447	1,477
9	35,123	19,494	35,476	17,564	-0,353	1,931
8	35,119	19,145	35,383	17,501	-0,264	1,644
7	35,012	19,163	35,252	17,444	-0,241	1,719
6	35,012	19,163	35,110	17,367	-0,099	1,796
5	35,012	19,163	34,952	17,247	0,060	1,916
4	35,012	19,163	34,780	17,044	0,232	2,119
3	35,075	19,141	34,598	16,687	0,477	2,454
2	35,423	17,544	34,383	15,771	1,040	1,773
1	35,046	17,439	34,474	14,470	0,572	2,970

Eksentrisitas dari torsi tak terduga adalah eksentrisitas tambahan sebesar 5% dari dimensi arah tegak lurus panjang bentang struktur bangunan dimana gaya gempa bekerja. Data mengenai eksentrisitas tak terduga dapat dilihat pada Tabel 4.42 berikut ini.

Tabel 4. 42 Data Eksentrisitas Torsi Tak Terduga

Level	Panjang bentang total sumbu-y (Ly)-(mm)	Panjang bentang total sumbu-x (Lx)-(mm)	0.05 Ly (mm)	0.05 Lx (mm)
10	14500	19000	725	950
9	30100	61000	1505	3050
8	30100	61000	1505	3050
7	30100	61000	1505	3050
6	30100	61000	1505	3050
5	30100	61000	1505	3050
4	30100	61000	1505	3050
3	30100	61000	1505	3050
2	30100	61000	1505	3050
1	30100	61000	1505	3050

Eksentrisitas torsi tak terduga harus dikalikan dengan faktor pembesaran momen torsi tak terduga ( $A$ ) ditentukan dari persamaan berikut ini.

$$A = (\delta_{max} / (1,2 \delta_{avg}))^2 \geq 1$$

Untuk mengetahui faktor amplifikasi ( $A_x$ ), dicari nilai  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$ , dengan besar nilai  $\delta_{avg}$  adalah:

$$\delta_{avg} = (\delta_{max}, \delta_{min}) / 2$$

Nilai-nilai  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$  diambil dari kombinasi pembebanan terbesar atau kombinasi envelope. Nilai dari  $\delta_{max}$ ,  $\delta_{min}$ ,  $\delta_{avg}$  dan  $A_x$  untuk pembebanan gempa arah x / sumbu-x dominan didapat dari *software* ETABS terdapat dalam berikut ini.



Tabel 4. 43 Nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{av}}$ ,  $A_x$  untuk gempa arah x dominan

Level	$\delta_{\max}$ (mm)	$\delta_{\text{avg}}$ (mm)	$1,2 \delta_{\text{avg}}$ (mm)	$A_x$	Kontrol Torsi
10	76,3	69	82,80	0,849	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	70	60,4	72,48	0,933	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	61,7	53,3	63,96	0,931	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	53,6	46,3	55,56	0,931	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	45,3	39,2	47,04	0,927	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	36,9	31,9	38,28	0,929	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	28,6	24,8	29,76	0,924	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	20,7	17,9	21,48	0,929	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	10,6	9,2	11,04	0,922	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	3	2,6	3,12	0,925	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tabel 4. 44 Nilai dari  $\delta_{\max}$ ,  $\delta_{\text{av}}$ ,  $A_y$  untuk gempa arah y dominan

Level	$\delta_{\max}$ (mm)	$\delta_{\text{avg}}$ (mm)	$1,2 \delta_{\text{avg}}$ (mm)	$A_y$	Kontrol Torsi
10	106,5	104	124,80	0,728	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
9	96,6	91,1	109,32	0,781	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
8	84,2	79,4	95,28	0,781	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
7	72,3	68,1	81,72	0,783	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
6	60,3	56,7	68,04	0,785	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
5	48,3	45,4	54,48	0,786	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
4	36,7	34,4	41,28	0,790	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
3	25,8	24,2	29,04	0,789	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
2	12,4	11,6	13,92	0,794	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
1	3,1	2,9	3,48	0,794	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tipe dari ketidakberaturan torsi yang ditentukan berdasarkan defleksi maksimum ( $\delta_{\max}$ ) dan defleksi rata-rata ( $\delta_{\text{avg}}$ ):

4.  $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$  = Tanpa ketidakberaturan torsi
5.  $1,2 \delta_{\max} [\delta_{\max} < 1,4 \delta_{\text{avg}}$  = ketidakberaturan torsi Ia
6.  $\delta_{\max} > 1,4 \delta_{\text{avg}}$  = Ketidak beraturan torsi

Dilihat dari Table 4.22 dan 4.23 tersebut terlihat bahwa  $\delta_{\max} < 1,2 \delta_{\text{avg}}$ , sehingga struktur bangunan tersebut termasuk kedalam kategori tanpa ketidakberaturan torsi dengan faktor amplifikasi ( $A_x < 1$ ) sehingga untuk perhitungan eksentrisitas desain searah sumbu x (edx) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_x$ ) dan untuk arah perhitungan eksentrisitas desain searah sumbu y (edy) menggunakan faktor amplifikasi ( $A_y$ )

dengan nilai . Untuk eksentrisitas desain berikut ini yang menghasilkan pengaruh paling besar.

- $edx = e_{0x} + [0,05 L_x][A_x]$
- $edx = e_{0x} - [0,05 L_x][A_x]$
- $edy = e_{0y} + [0,05 L_y][A_y]$
- $edy = e_{0y} - [0,05 L_y][A_y]$

Perhitungan penentuan eksentrisitas desain arah x / sumbu-x (edx) dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 45 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu y (edy)

Level	$e_{0y}$ (mm)	0,05 $L_y$ (mm)	$A_y$	edy (mm)	edy (mm)
10	1477	725	1	2202	-1477
9	1931	1505	1	3436	-1931

8	1644	1505	1	3149	-1644
7	1719	1505	1	3224	-1719
6	1796	1505	1	3301	-1796
5	1916	1505	1	3421	-1916
4	2119	1505	1	3624	-2119
3	2454	1505	1	3959	-2454
2	1773	1505	1	3278	-1773
1	2970	1505	1	4475	-2970

Tabel 4. 46 Perhitungan Untuk Penentuan Eksentrisitas Desain pada arah sumbu x (edx)

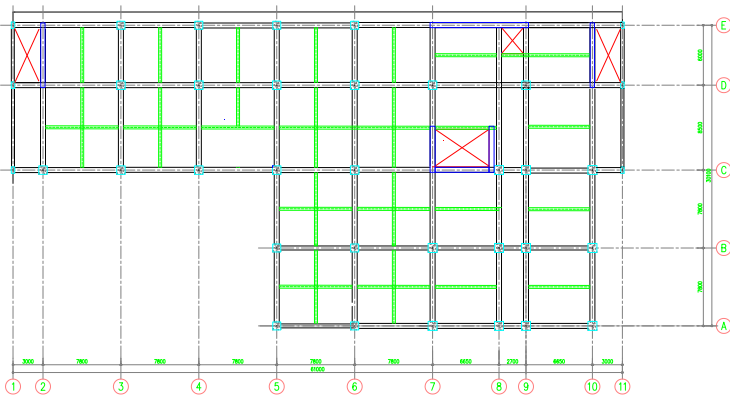
Level	e0x (mm)	0,05 Lx (mm)	Ax	edx (mm)	edx (mm)
10	-1447	950	1	-497	1447
9	-353	3050	1	2697	353
8	-264	3050	1	2786	264
7	-241	3050	1	2809	241
6	-99	3050	1	2951	99
5	60	3050	1	3110	-60
4	232	3050	1	3282	-232
3	477	3050	1	3527	-477
2	1040	3050	1	4090	-1040
1	572	3050	1	3622	-572

#### 4.11 Resume Pemodelan Struktur

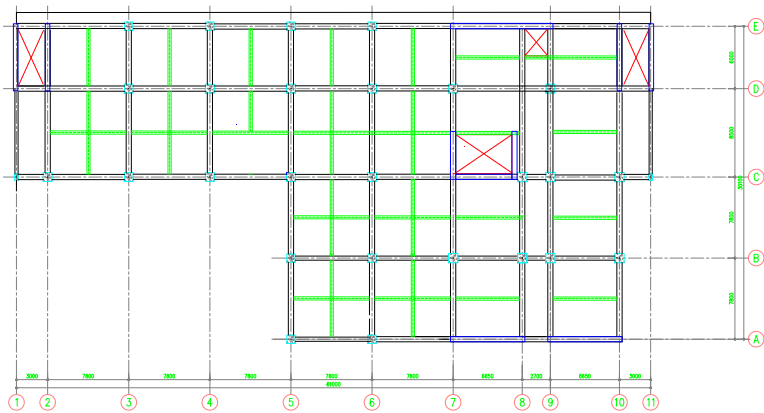
Berdasarkan persyaratan kedua pemodelan tersebut didapatkan dimensi elemen struktur primer masing-masing pemodelan sebagai berikut:

Tabel 4. 47 Resume Pemodelan

	Sistem Ganda	Sistem Rangka Gedung
Kolom	75 x 75	65 x 65
Balok Induk	40 x 60	35 x 50
Dinding Struktur	35 cm	35 cm



Gambar 4. 5 Denah Pemodelan Sistem Ganda



Gambar 4. 6 Denah Pemodelan Sistem Rangka Gedung

## 4.12 Desain Penulangan Sistem Ganda

Perencanaan desain struktur sistem ganda mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 21.1 untuk balok dan kolom sedangkan 21.9 untuk dinding geser. Hal ini dikarenakan baik sistem pemikul momen (balok dan kolom) maupun dinding geser keduanya memikul beban lateral akibat gempa sehingga keduanya memerlukan pendetailan.

### 4.12.1 Desain Penulangan Balok Primer

#### 1. Data Perencanaan Balok As C;3-4 Lantai 1

Dimensi Balok = 40/60 mm

Bentang Balok = 7800 mm

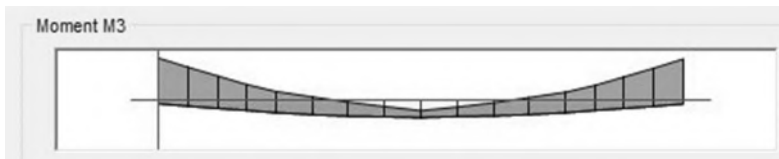
Mutu Beton = 25 Mpa

Selimut beton = 40 mm

Diameter tulangan utama	= 19 mm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm

## 2. Perhitungan tulangan lentur balok

Momen envelope yang terjadi pada balok didapatkan dari analisa program bantuan seperti tergambar pada gambar berikut:



Gambar 4. 7 Momen Envelope

Momen Tumpuan Kiri (-)	= 270,7581 kNm
Momen Tumpuan Kiri (+)	= 15,9109 kNm
Momen Lapangan (-)	= 71,7627 kNm
Momen Lapangan (+)	= 117,4956 kNm
Momen Tumpuan Kanan (+)	= 283,0451 kNm
Momen Tumpuan Kanan (-)	= 10,97 kNm

$$d = h - \text{decking} - \varnothing_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2}\varnothing_{\text{tulangan}}$$

$$d = 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2}19 = 540,5 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (pasal 21.5.2)}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

- Analisis penulangan di tumpuan akibat momen negatif (-)

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{283045100}{0,9 \times 400 \times 540,5^2} = 2,691 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{18,824} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,691 \times 18,824}{400}} \right) = 0,00722$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \leq 0,00722 \leq 0,025 \text{ menggunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,00722 \times 400 \times 540,5 = 1560,7 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan

$$\frac{A_s_{\text{perlu}}}{1/4 \pi d^2} = \frac{1560,7}{1/4 \pi 19^2} = 5,5$$

digunakan 6 batang ( $A_s = 1701,9 \text{ mm}^2$ )

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{\max} = \frac{b_w - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{Øsengkang} - n \cdot \text{Øtul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (19 \times 6)}{5} = 37 \text{ mm}$$

### Kesetimbangan Gaya Internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

Sehingga  $C_c = T_s$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

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

$$a = \frac{1701,9 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} = 80,1 \text{ mm}$$

### Kapasitas Momen ( $\phi M_n$ )

$$M_n = A_s \text{ terpasang} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 1701,9 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{80,1}{2}\right)$$

$$= 340682053 \text{ Nmm} = 340,68 \text{ kNm}$$

Syarat  $M_u < \phi M_n$

$$283,04 \text{ kNm} \leq 0,9 \times 340,68 \text{ kNm}$$

$$283,04 \text{ kNm} \leq 306,61 \text{ kNm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

### Kontrol Kesesuaian Penggunaan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan

$$c = a/\beta = 80,1/0,85 = 94,220$$

$$d = 540,5$$

$$\epsilon_s = 0,003 \times (d-c) / c$$

$$= 0,003 \times (540,5 - 94,22) / 94,22 = 0,0142 > 0,005$$

Berada di wilayah *Tension Controlled*  $\phi = 0,9 \rightarrow$  Asumsi sesuai.



Kontrol Balok T

Lebar efektif:

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{7800}{4} = 1950 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (8t_f) = 400 + (8 \times 120) = 1360 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (0,5s) = 400 + (0,5 \times 7800) = 4300 \text{ mm}$$

Maka digunakan lebar efektif terkecil, yaitu:

$$b_{eff} = 1360 \text{ mm}$$

$$A_{spakai} = 1701,86 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_{sxfy}}{0,85x f_c x b_e} = \frac{1701,86 \times 400}{0,85 \times 25 \times 1360} = 23,56$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{23,56}{0,85} = 27,71 \text{ mm}$$

Maka,

$$x < t$$

27,71 < 120 mm.. Sehingga perhitungan dilakukan dengan balok biasa.

- Analisis penulangan di tumpuan akibat momen positif (+)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9x b x d^2} = \frac{10970000}{0,9 \times 400 \times 540^2} = 0,104 \text{ MPa}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{18824} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,104 \times 18824}{400}} \right) = 0,00026$$

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0035 > 0,00026 \leq 0,025 \text{ maka menggunakan } \rho_{min}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 400 \times 540,5 = 756,7 \text{ mm}^2$$

### Jumlah Tulangan

$$\frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{756,7}{\frac{1}{4}\pi 19^2} = 2,67$$

digunakan 3 batang ( $A_s = 850,9 \text{ mm}^2$ )

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} S_{\max} &= \frac{b_w - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{Øsengkang} - n \cdot \text{Øtul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (19 \times 3)}{2} = 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Kesetimbangan Gaya Internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$\text{Sehingga } C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

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

$$a = \frac{850,9 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} = 40 \text{ mm}$$

### Kapasitas Momen ( $\phi M_n$ )

$$M_n = A_s \text{ terpasang} \times f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 850,9 \times 400 \times \left(540,5 - \frac{40}{2}\right)$$

$$= 177155892 \text{ Nmm} = 177,16 \text{ kNm}$$

$$\text{Syarat } \mu_u < \phi M_n$$

$$10,97 \text{ KNm} \leq 0,9 \times 177,16 \text{ KNm}$$

$$10,97 \text{ KNm} \leq 159,44 \text{ KNm} \dots \dots \dots \text{OK}$$

Kontrol Kesesuaian Penggunaan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan

$$c = a/\beta = 40/0,85 = 47,11$$

$$d = 540,5$$

$$\epsilon_s = 0,003 \times (d-c) / c$$

$$= 0,003 \times (540,5 - 47,11) / 47,11 = 0,0314 > 0,005$$

Berada di wilayah *Tension Controlled*  $\phi = 0,9 \rightarrow$  Asumsi sesuai.

Kontrol Balok T

Lebar efektif:

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{7800}{4} = 1950 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (8t_f) = 400 + (8 \times 120) = 1360 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (0,5s) = 400 + (0,5 \times 7800) = 4300 \text{ mm}$$

Maka digunakan lebar efektif terkecil, yaitu:

$$b_{eff} = 1360 \text{ mm}$$

$$A_{spakai} = 850,93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 x f_c x b_e} = \frac{850,93 \times 400}{0,85 \times 25 \times 1360} = 11,78$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{11,78}{0,85} = 13,86 \text{ mm}$$

Maka,

$$x < t$$

13,86 < 120 mm.. Sehingga perhitungan dilakukan dengan balok biasa.

Dengan cara yang sama dilakukan untuk menghitung tulangan pada masing-masing tumpuan dan lapangan sehingga didapat kebutuhan tulangan pada balok As C 3-4 seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 48 Tulangan Lentur Balok As C 3-4

Posisi	C 3-4		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Atas	6D19	3D19	6D19
bawah	3D19	3D19	3D19

### 3. Perhitungan Tulangan Geser

Sebagaimana di atur pada SNI 2847-2013, pasal 21.5.4 gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka-muka joint. Momen  $M_{pr}$  dengan tanda berlawanan dianggap bekerja bersama-sama pada muka kolom dan komponen struktur tersebut dibebani penuh dengan beban gravitasi terfaktor.

$M_{pr}$  harus dihitung dari tulangan terpasang dengan tegangan 1,25  $f_y$  dan faktor reduksi  $\phi=1$ .

Dengan data balok sebagai berikut:

- $f_c'$  = 25 Mpa
- $f_y$  = 400 Mpa
- $\beta_1$  = 0,85
- $\phi$  reduksi = 0,75 (SNI 03-2847-2013 ps 9.3.2.3)
- Lebar (b) = 400 mm

- Tinggi ( $h$ ) = 600 mm
- $\emptyset$  Tul.Sengkang = 10 mm

a. Hitung momen ujung ( $M_{pr}$ )

Perhitungan  $M_{pr}$  balok dilakukan dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur mencapai  $1,25f_y$ .

- Momen ujung negatif tumpuan kiri

$$a_{pr\_1} = \frac{1,25 s f_y}{0,85 f'_{cb}} = \frac{1,25 \times 1701,9 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} = 100,109 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr\_1} &= 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr\_1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 1701,9 \times 400 \left( 540,5 - \frac{100,109}{2} \right) \\ &= 417,33 \times 10^6 \text{ N.mm} = 417,33 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung positif tumpuan kiri

$$a_{pr\_2} = \frac{1,25 s f_y}{0,85 f'_{cb}} = \frac{1,25 \times 850,9 \times 400}{0,85 \times 25 \times 400} = 50,055 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr\_2} &= 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr\_1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 850,92 \times 400 \left( 540,5 - \frac{50,055}{2} \right) \\ &= 219,32 \times 10^6 \text{ N.mm} = 219,32 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung negatif tumpuan kanan

$$\begin{aligned} M_{pr\_3} &= M_{pr\_1} \\ &= 417,33 \times 10^6 \text{ N.mm} = 417,33 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung positif tumpuan kanan

$$\begin{aligned} M_{pr_4} &= M_{pr_2} \\ &= 219,32 \times 10^6 \text{ N.mm} = 219,32 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- b. Hitung gaya geser akibat  $M_{pr}$

$$V_g = 135,35 \text{ kN (dari kombinasi 1,2D + 1L)}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{gempa kiri}} &= \frac{M_{pr_2} + M_{pr_3}}{L_n} \\ &= \frac{(219,32 \times 10^6) + (417,33 \times 10^6)}{7800} = 81621,69 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{e kiri}} &= V_{\text{gempa kiri}} + V_g \\ &= 81621,69 + 132352,7 = 216974,93 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{e kanan}} &= V_{\text{gempa kiri}} - V_g \\ &= 81621,69 - 132352,7 = 53731,01 \text{ N} \end{aligned}$$

Tabel 4. 49 Gaya Geser Desain

Arah Gempa	V gempa ( N )	Tump Kiri ( Ve )	Tump Kanan ( Ve )
Kiri	81621,69	216974,93	53731,01
Kanan	81621,69	53731,01	216974,93

- Gaya aksial terfaktor  $P_u < 0,1 \times A_g f'_c \Rightarrow$  telah terpenuhi karena aksial pada balok sangat kecil. Maka  $V_c = 0$ .

c.. Cek persyaratan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2).

- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu
- Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

$$a) \frac{d}{4} = \frac{540,5}{4} = 135 \text{ mm}$$

$$b) \text{enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil} \\ 6 \times 19 = 114 \text{ mm}$$

$$c) 150 \text{ mm}$$

d. Cek persyaratan tulangan transversal di luar daerah sendi plastis (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.4).

$$\frac{d}{2} = \frac{540,5}{2} = 270 \text{ mm}$$

e. Hitung tulangan geser di daerah sendi plastis (daerah sepanjang  $2h$  dari muka kolom) dan daerah di luar sendi plastis.

- Daerah sendi plastis muka kolom tumpuan kiri dan kanan

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{216974,39}{0,75} - 0 = 289299,19 \text{ N}$$

$$\text{Digunakan sengkang 2D10, } A_v = 157,14 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,41 \times 400 \times 5440,5}{2892991,9} = 117 < 135 \text{ ok}$$

Maka, digunakan sengkang 2D10 – 100 mm

- Daerah di luar sendi plastis (di luar  $2h = 2 \times 600 = 1200$  mm di luar muka kolom)

$$V_u = \frac{5,4}{7,8} \times 216974,39 = 183593,71 \text{ N}$$

Untuk daerah di luar sendi plastis beton dianggap berkontribusi menahan geser. Besarnya  $V_c$  adalah

$$V_c = 0,17 \sqrt{f'_c} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 540,5 = 183770 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{183593,71}{0,75} - 183770 = 61021,62 \text{ N}$$

Digunakan sengkang 2D10,  $A_v = 157,14 \text{ mm}^2$

Jarak yang digunakan 250 mm,

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,14 \times 400 \times 540,5}{250} = 135897,14 \text{ N}$$

$$\phi(V_s + V_c) = 0,75 \times (135897,14 + 183770) = 239750,36 \text{ N}$$

$$\phi(V_s + V_c) = 239750,36 > V_u = 183593,71 \text{ N, oke}$$

Maka, digunakan sengkang 2D10 – 250 mm

Tabel 4. 50 Tulangan Sengkang Balok As C 3-4

Posisi	Sengkang
Tumpuan Kiri	2D10 – 100 mm
Lapangan	2D10 – 250 mm
Tumpuan Kanan	2D10 – 100 mm



### 3. Perhitungan tulangan torsi

Perencanaan penulangan torsi mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 11.5. Dan menurut pasal 11.5.2.2, pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor kurang dari:

$$T_u < \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$A_{cp}$  = luas penampang

$P_{cp}$  = keliling penampang

$\lambda$  = 1 (beton normal)

$\phi$  = 0,75

Dari hasil analisis menggunakan program bantu, didapat nilai maksimum torsi pada balok As C 3-4 sebagai berikut:

$$T_u = 49,7912 \text{ kN.m}$$

#### Kontrol kebutuhan torsi

$$A_{cp} = b \times h = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2 \times (400+600) = 2000 \text{ mm}$$

Maka,

$$49,79 > 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$49,79 > 35,64 \text{ kN.m.} \text{ (Perlu tulangan torsi)}$$

#### Penulangan torsi sengkang

$x_o$  = lebar as ke as tulangan sengkang

$$= 400 - 2 \times (40 + 10/2) = 300 \text{ mm}$$

$y_o$  = tinggi as ke as tulangan sengkang

$$= 600 - 2 \times (40 + 10/2) = 500 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o \times y_o = 300 \times 500 = 150000 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 150000 = 127500 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(x_o + y_o) = 2(300 + 500) = 1600 \text{ mm}$$

Menentukan kebutuhan tulangan sengkang

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_y \cot \theta} = \frac{49790000/0,75}{2 \times 127500 \times 400 \times \cot 45^\circ}$$

$$= 0,651 \text{ mm}^2/\text{m}$$

(per meter maka  $s = 1000 \text{ mm}$ )

$$A_t = \frac{0,651}{1000} = 650,87 \text{ mm}^2$$

Maka, luas total tulangan sengkang yang diperlukan:

$$A_{total} = A_v + 2A_t = 157,14 + (2 \times 650,87) = 1458,87$$

Digunakan sengkang 10 mm

$$s = \frac{A_v \times 1000}{A_{total}} = \frac{157,14 \times 1000}{1458,87} = 107,71 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan torsi transversal 2D10 – 100.

Menentukan kebutuhan tulangan longitudinal

$$A_l = \left( \frac{A_t}{s} \right) Ph \left( \frac{f_y}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$= 0,65 \times 1600 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times 1 = 1041,38 \text{ mm}^2$$

Periksa terhadap  $A_{l \min}$

$$A_{l \min} = \left( \frac{0,42 \sqrt{f' c} A_{cp}}{f_y} \right) - \left( \frac{A_t}{s} \right) Ph \left( \frac{f_y}{f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,42 \sqrt{25} \cdot 240000}{400} \right) - 1041,38 = 218,62 \text{ mm}^2$$

Sehingga diambil  $A_l = 1041,38 \text{ mm}^2$

Kebutuhan tulangan longitudinal torsi

Pada Tumpuan Atas

$$\begin{aligned}
 A_l \text{ perlu} &= \frac{1}{4} A_t = \frac{1}{4} \times 1041,38 &= 260,35 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ perlu} &= 6D19 &= 1407 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ total} &= A_s + A_l &= 1748,2 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang} &= 7D19 &= 1985,5 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dilakukan cara yang sama untuk menghitung tulangan akibat torsi pada masing-masing tumpuan dan lapangan pada balok As C 3-4 Sehingga didapat kebutuhan tulangan pada balok-balok tersebut seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 51 Rekapitulasi Penulangan Balok As C 3-4

Posisi	C 3-4		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Atas	7D19	4D19	7D19
Bawah	4D19	4D19	4D19
Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100

#### 4. Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 12.

##### 1. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik, tidak boleh kurang dari 300 mm yang ditentukan dengan persamaan berikut:

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_f\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \right) \times d_b$$

Dimana:

$\psi_t = 1,3$  (bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan.

$\psi_e = 1,0$  (untuk tulangan tidak dilapisi)

$\psi_s = 0,8$  (tulangan D-19)

$\lambda = 1,0$  (untuk beton normal)

$d_b = 19$  mm

$$c_b = 40 + 10 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

Ktr = 0,0 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3)

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{59,5 + 0}{19} = 3,13 > 2,5$$

Maka nilai yang digunakan adalah 2,5

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{25}} \frac{1,3 \times 1 \times 0,8}{2,5} \right) \times 19 = 575 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 12.15.2 sambungan lewat tulanga ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tarik,

$$1,3l_d = 1,3 \times 575 \text{ mm} = 747,28 \approx 750 \text{ mm}$$

## 2. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan, tidak boleh kurang dari 200 mm yang ditentukan dalam kedua persamaan berikut:

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{45}} \right) \times d_b = \left( \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{45}} \right) \times 19$$

$$= 271,9 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 f_y d_b = 0,043 \times 400 \times 19$$

$$= 326,8 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan diatas, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tekan,  $l_{dc} = 326,8 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

Dengan cara yang sama perhitungan penulangan balok dilakukan pada masing-masing balok portal As 7 dan portal As C. Hasil perhitungan penulangan terlampir dalam lampiran.

### 4.12.2 Desain Penulangan Kolom

Data perencanaan untuk desain penulangan kolom pada desain sistem struktur ganda untuk contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

#### Data Perencanaan Kolom As C-4

Tinggi kolom (L)	: 3750 mm
T. bersih kolom (Ln)	: 3150 m
Dimensi Kolom	: 750 x 750

Mutu beton $f_c'$	: 30 Mpa
Mutu baja $f_y$	: 400 Mpa
Ø tul memanjang	: D 22 mm
Ø tul sengkang	: D 13 mm

Tabel 4. 52 Gaya Aksial dan Momen Kolom As C-4 Lt.1

No	Kombinasi Beban	$P_u$ (kN)	$M_x$ (kNm)
1	1,4D	5288,93	12,62
2	1,2D + 1,6L	5587,63	45,34
3	1,2D + 1L ± Ex	5379,11	421,1
4	1,2D + 1L ± Ey	5887,65	115,66
5	0,9D ± Ex	3586,86	408,98
6	0,9D ± Ey	4095,4	103,54

### 1. Cek syarat komponen struktur penahan gempa

Langkah perencanaan berikut ini sesuai dengan persyaratan dan sub pasal (SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.) yang berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian system penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  akibat sembarang kombinasi beban yang melebihi  $Agf'c/10$  (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1).

$$Agf'c/10 = (750 \times 750 \times 35)/10 = 1968750 \text{ N} = 1968,75 \text{ kN}$$

Maka dapat dilihat dari tabel gaya aksial di atas terdapat nilai  $P_u > A_g f'_c / 10$

2. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)

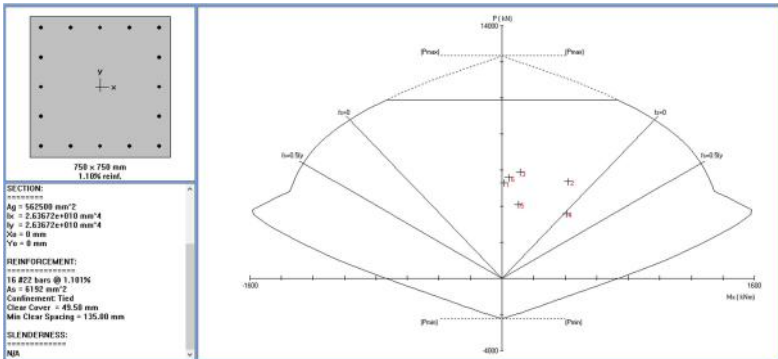
Sisi terpendek kolom = 750 mm  $\rightarrow$  syarat terpenuhi

3. Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2)

$$\frac{b}{h} = \frac{750}{750} = 1 \Rightarrow \text{memenuhi syarat}$$

4. Tentukan tulangan longitudinal penahan lentur.

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau lebih dari 0,06  $A_g$  (SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1). Dari trial error dengan SpCol didapat konfigurasi tulangan longitudinal 16D22 seperti pada Gambar



Gambar 4. 8 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Bawah

5. Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor.

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\phi P_n(\max) = 0,8 \times \phi \times [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Dimana:

$$A_g = 750 \times 750 = 562500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 6192 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n(\max) &= 0,8 \times \phi \times [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 35 \times (562500 - 6192) + 400 \times 6192] \\ &= 9894020,76 \text{ N} = 9894,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } \phi P_n(\max) > P_u$$

$$9894,02 \text{ kN} > 5887,65 \text{ kN.. (Ok)}$$

6. Cek syarat *strong column weak beam*.

Kekuatan kolom harus memenuhi  $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$  (SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2).

- Menentukan nilai  $\sum M_{nb}$

$$\begin{aligned} \sum M_{nb} &= M_{nb+} + M_{nb-} = 306,61 \times 10^6 + 159,44 \times 10^6 \\ &= 559,26 \times 10^6 \text{ N.mm} = 559,26 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

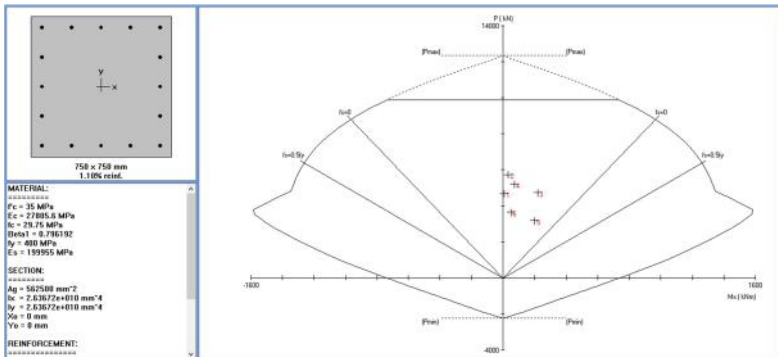
- Menentukan nilai  $M_{nc}$

Nilai  $M_{nc}$  didapat dari diagram interaksi  $P$ - $M$  dengan  $SpCol$ . Nilai  $M_{nc}$  diperoleh dari diagram interaksi kolom ( $SpCol$ ), yaitu mencari momen yang dihasilkan dari kombinasi beban aksial terkecil kolom atas dan kolom bawah.



Tabel 4. 53 Gaya Aksial dan Momen Kolom Lt. 2

No	Kombinasi Beban	Pu(kN)	Mx (kNm)
1	1,4D	4695,75	9,31
2	1,2D + 1,6L	5740,95	33,79
3	1,2D + 1L ± Ex	4734,52	220,69
4	1,2D + 1L ± Ey	5208,94	71,16
5	0,9D ± Ex	3190,88	199,58
6	0,9D ± Ey	3665,31	50,05



Gambar 4. 9 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Atas

Dari perhitungan SpCol diketahui nilai  $M_{ncatas}$  dan  $M_{ncbawah}$  adalah 1295,69 kNm, dan 1303,08 kNm.

$$\sum M_{nc} = (M_{nc\_atas} + M_{nc\_bawah})/0,65 = 3998,11 \text{ kNm}$$

$$(1,2)\sum M_{nb} = 559,26 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} \geq (1,2)\sum M_{nb} \rightarrow \text{syarat "strong column weak beam" terpenuhi}$$

### 7. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*.

- Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*).

Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint,  $h = 750$  mm
- 1/6 bentang bersih komponen struktur  
 $1/6 (3150 \text{ mm}) = 525$  mm
- 450 mm

Maka jarak untuk  $l_o$  digunakan **750 mm**

- Tentukan spasi maksimum *hoop*,  $s_{max}$ , pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3):

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum

$$\frac{b}{4} = \frac{750}{4} = 187,5 \text{ mm}$$

- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil

$$6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

- $s_o$ , dengan  $s_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.

$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5(750 - 2(40) - \frac{13}{2})}{3} = 108 \text{ mm}$$

Nilai  $s_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Maka  $s_{max} = 108$  mm, dan dapat digunakan spasi *hoop* ( $s$ ) = 100 mm (minimum) sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.

- Penentuan luas tulangan *confinement*.

Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} b_c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= b - 2(\text{selimut} + 1/2db) = 750 - 2(40 + 1/2(13)) \\ &= 657 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= (b - 2\text{selimut}) \times (h - 2\text{selimut}) \\ &= (750 - 2(40)) \times (750 - 2(40)) \\ &= 448900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \left( \frac{100 \times 657 \times 35}{400} \right) \left( \frac{750^2}{448900} - 1 \right) \\ &= 436,44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2} &= 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \\ &= 0,09 \frac{100 \times 657 \times 35}{400} \\ &= 517,39 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang (hoop) **4D13-100**

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= 4kaki \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aspasang > Ash = 492,75 mm<sup>2</sup>.....*memenuhi*.

- Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi *lo* di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 5) :
  - 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 
$$6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$
  - 150 mm

Maka *smin* = 132 mm, dan dapat digunakan spasi *hoop* (s) = 130 mm sepanjang sisa tinggi kolom bersih.

## 8. Perhitungan gaya geser desain *Ve*

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan kebutuhan tulangan transversal harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan (joint) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joints ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin (*Mpr*) di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor (*Pu*) yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada *Mpr* komponen struktur transversal yang merangka ke dalam

joint. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur. ( $V_e < V_u$ )

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

$M_{pr}$  ditentukan dengan mengasumsikan teganga tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25f_y$  dan faktor reduksi kekuatan sebesar 1,0.

Sehingga nilai  $f_y$  untuk geser sebesar  $1,25 f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ Mpa}$ .

- Hitung  $M_{prc,atas}$  dan  $M_{prc,bawah}$

$M_{prc,atas}$  dan  $M_{prc,bawah}$  didapat dari diagram interaksi perhitungan pada SpCol dengan menggunakan  $f_y = 1,25f_y$  dan  $\phi=1$ .

Gambar 4. 10 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom Desain Bawah,  $f_y=1,25f_y$

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
Design/Required ratio PhiMn/Mu >= 1.00									
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	5289.00	13.00	1370.19	105.399	435	689	0.00175	0.650	
2	5378.00	421.00	1366.67	3.246	441	689	0.00169	0.650	
3	5888.00	115.00	1342.21	11.671	474	689	0.00136	0.650	
4	3588.00	409.00	1683.42	4.116	264	689	0.00482	0.882	
5	4095.00	104.00	1491.52	14.342	338	689	0.00313	0.713	
6	5888.00	45.00	1357.75	30.172	454	689	0.00155	0.650	

Gambar 4. 11 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom Desain Atas,  $f_y=1,25f_y$

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

Design/Required ratio PhiMn/Mu >= 1.00									
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	4636.00	9.00	1329.37	154.374	399	689	0.00218	0.650	
2	5741.00	34.00	1350.53	39.722	464	689	0.00146	0.650	
3	4735.00	221.00	1388.30	6.282	402	689	0.00218	0.650	
4	5209.00	71.00	1373.18	19.340	430	689	0.00181	0.650	
5	3191.00	200.00	1642.77	8.214	242	689	0.00555	0.900	
6	3665.00	50.00	1647.73	32.955	277	689	0.00446	0.846	

Dari perhitungan kembali SpCol dengan  $f_y = 1,25f_y$ . diketahui besarnya  $Mprc,atas$ , dan  $Mprc,bawah$ .

$$Mprc,atas = 1350,53 \text{ kNm}$$

$$Mprc,bawah = 1341,21 \text{ kNm}$$

- Hitung  $V_e$

$$V_e = \frac{Mpr_{bawah} + Mpr_{atas}}{ln}$$

$$= \frac{1341,13 + 13,53}{3,15} = 2691,66 \text{ kN}$$

- $V_u = 67,64 \text{ kN}$  (dari perhitungan hasil analisa struktur)
- Kontrol

$$V_e > V_u \Leftrightarrow 2691,66 \text{ kN} > 67,64 \text{ kN}$$

Perencanaan Geser memenuhi syarat sesuai **SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1**, dimana nilai  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari pada nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan hasil analisa struktur.

Besarnya nilai  $V_u$  akan ditahan oleh kuat geser beton ( $V_c$ ) dan kuat tulangan geser ( $V_s$ ). Nilai  $V_c$  dapat dianggap = 0, sesuai **SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.2**, apabila

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, ( $V_e$ ) mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$ .

$$50\% \times V_e > V_u$$

- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u > A_g f'_c / 10$  namun  $P_u = 5887,65$  kN lebih dari  $A_g f'_c / 10$  maka nilai  $V_c \neq 0$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{5887650}{14(750^2)} \right) \cdot 1 \sqrt{35} (750)(750-40-13-22/2) \\ &= 904315,2 \text{ N} = 904,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sedangkan besar  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan confinement Ash yang terpasang.

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{132,67 \times 400 \times 686}{100} \\ &= 1456,13 \times 10^6 \text{ N} = 1456,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } \phi(V_c + V_s) &= 0,75 \times (904,32 + 1456,13) \\ &= 1770,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi(V_c + V_s) > 67,64 \text{ kN}$$

- Perhitungan sambungan lewatan  
Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'c}} \frac{\psi_f\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \right) \times d_b$$

Dimana:

$\psi_t = 1,3$  (bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan.

$\psi_e = 1,0$  (untuk tulangan tidak dilapisi)

$\psi_s = 1,0$  (tulangan D-22)

$\lambda = 1,0$  (untuk beton normal)

$d_b = 22$  mm

$$c_b = 40 + 10 + \frac{22}{2} = 64 \text{ mm}$$

Ktr = 0,0 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3)

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{64 + 0}{22} = 2,9 > 2,5$$

Maka nilai yang digunakan adalah 2,5

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{35}} \frac{1,3 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 22 = 704 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 12.15.2 sambungan lewat tulanga ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tarik,  $1,3l_d = 1,3 \times 704 \text{ mm} = 941,12 \approx 950 \text{ mm}$



### 4.12.3 Hubungan Balok Kolom

1. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok (SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3).

$$b = h = 750 \text{ mm}$$

$$20 d_b = 20 (19) = 380 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm} > 20 d_b = 380 \text{ mm} \text{ Ok}$$

2. Tulangan transversal untuk *confinement*

Jumlah tulangan confinement dapat memakai seperti pada pendetailan tulangan transversal kolom pada *lo* sebagaimana disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.1

Jadi dapat digunakan 4Ø13-100.

3. Hitung gaya geser pada joint

Balok yang memasuki joint memiliki  $M_{pr}^+ = 417,33$  kNm, dan  $M_{pr}^- = 219,32$  kNm.

$$\begin{aligned} M_u &= 0,5(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) \\ &= 0,5(417,33 + 219,32) = 318,32 \text{ kNm} \end{aligned}$$

4. Hitung geser pada kolom

$$V_h = \frac{2 \times M_u}{l_n} = \frac{2 \times 318,32}{3,15} = 202,11 \text{ kN}$$

5. Hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah  $1,25f_y$  (SNI 2847:2012 pasal 21.7.2.1).

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ balok kanan 7D19} &= 1985,5 \text{ mm}^2 \\
 T_1 &= 1,25A_s f_y = 1,25 \times 1985,5 \times 400 \\
 &= 992,75 \times 10^6 \text{ N} = 992,75 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ balok kiri 5D19} &= 1418,21 \text{ mm}^2 \\
 T_2 &= 1,25A_s f_y = 1,25 \times 1418,21 \times 400 \\
 &= 709,10 \times 10^6 \text{ N} = 709,10 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

6. Hitung gaya geser pada joint

$$\begin{aligned}
 V_j &= T_1 + T_2 - V_h \\
 &= 992,75 + 709,10 - 202,11 = 1701,66 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

7. Cek kuat geser joint

Kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1).

$$V_n = 1,7\sqrt{f_c} A_j = 1,7\sqrt{35} \times (750 \times 750) = 5675,25 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 5675,25 = 4242,94 \text{ kN} \geq V_j = 1701,66 \text{ kN}$$

#### 4.12.4 Desain Penulangan Dinding Struktur

Analisis Desain Dinding Geser Khusus Gaya dalam yang bekerja pada dinding diperlihatkan pada Tabel. 4.45 gaya dalam tersebut didapatkan dari program bantu analisis struktur. Analisis desain dinding geser mengacu pada SNI 17262012 Pasal 21.9.

Tabel 4. 54 Gaya dalam Dinding Geser (Pier 1)

No	Kombinasi Beban	Pu(kN)	Vx (kNm)	Vy (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1,4D	15027,33	136,7186	6,4599	566,2357	3526,787
2	1,2D + 1,6L	15391,1	177,235	11,6932	788,5073	3348,603

3	1,2D + 1L ± Ex	6314,388	5212,814	1276,2	16106,91	91216,53
4	1,2D + 1L ± Ey	15087,99	1506,74	5307,9	56680,91	29179,89
5	0,9D ± Ex	1525,166	5145,988	1285,585	15796,1	90257,27
6	0,9D ± Ey	10298,768	1439,914	5317,285	56370,1	28220,62

Berdasarkan Tabel didapatkan gaya dalam terbesar yaitu :

$$P_u = 15391,1 \text{ kN}$$

$$V_{ux} = 5212,814 \text{ kN}$$

$$V_{uy} = 5317,285 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 56680,91 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 91216,53 \text{ kNm}$$

1. Cek dimensi penampang terhadap gaya geser terfaktor Untuk semua segmen shearwall nilai  $V_n$  tidak boleh lebih besar dari  $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$  (SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4).

$$V_n = \frac{Vu}{\phi}; \phi = 0,75$$

-Untuk dinding arah x

$$V_{nx} = \frac{V_{ux}}{\phi} = \frac{5212,814}{0,75} = 6950,42 \text{ kN}$$

$$A_{cv1} = l w_x \times t = 5,65 \times 0,35 = 1,98 \text{ m}^2$$

$$0,83A_{cv1}\sqrt{f'c} = 0,83 \times 1980000 \times \sqrt{35} = 9710,21 \text{ kN}$$

$$V_{nx} < 0,83A_{cv1}\sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

-Untuk dinding arah y

$$V_{ny} = \frac{V_{uy}}{\phi} = \frac{5317,285}{0,75} = 7089,71 \text{ kN}$$

$$A_{cv_2} = 2 \times l_{w_y} \times t = 2 \times 4,2 \times 0,35 = 2,94 \text{ m}^2$$

$$0,83 A_{cv_2} \sqrt{f'c} = 0,83 \times 2940000 \times \sqrt{35} = 14436,42 \text{ kN}$$

$$V_{ny} < 0,83 A_{cv_1} \sqrt{f'c} \rightarrow \text{ok}$$

2. Paling sedikit dua tirai digunakan jika  $V_u$  melebihi  $0,17 \lambda A_{cv} \sqrt{f'c}$  berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.2

- Untuk dinding arah x

$$0,17 \lambda A_{cv_1} \sqrt{f'c} = 0,17 \times 1980000 \times \sqrt{35} = 1988,83 \text{ kN}$$

$$V_{ux} = 5212,81 > 0,17 \lambda A_{cv_1} \sqrt{f'c} \rightarrow \text{diperlukan 2 tirai}$$

- Untuk dinding arah y

$$0,17 \lambda A_{cv_2} \sqrt{f'c} = 0,17 \times 2940000 \times \sqrt{35} = 2956,86 \text{ kN}$$

$$V_{uy} = 5317,29 > 0,17 \lambda A_{cv_2} \sqrt{f'c} \rightarrow \text{diperlukan 2 tirai}$$

3. Perhitungan kuat geser beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847-2013 Pasal 11.9.6, dimana  $V_c$  diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

-Untuk dinding arah x

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 5650 = 4520 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27 \lambda \sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{p_u \times d}{4l_w} \\ &= 0,27 \times \sqrt{35} \times 350 \times 4520 + \frac{15391100 \times 4520}{4 \times 5650} \\ &= 5605213,819 \text{ N} = 5605,21 \text{ kN} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \left[ 0,05 \lambda \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left( 0,1 \lambda \sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w \times h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right] h d \\ V_c &= \left[ 0,05 \sqrt{35} + \frac{5650 \left( 0,1 \sqrt{35} + 0,2 \frac{15391098}{5650 \times 350} \right)}{\frac{56680910000}{5212814} - \frac{5650}{2}} \right] 350 \times 4520 \end{aligned}$$

$$V_c = 2853724,125 \text{ N} = 2853,72 \text{ kN} \dots \dots \dots (2)$$

Maka dipilih  $V_c = 2853,72 \text{ kN}$

-Untuk dinding arah y

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 4200 = 3360 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{P_u \times d}{4lw} \\
 &= 0,27 \times \sqrt{35} \times 350 \times 3360 + \frac{15391100 \times 3360}{4 \times 4200} \\
 &= 4956693,153 \text{ N} = 4956,69 \text{ kN} \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left[ 0,05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{lw \left( 0,1\lambda\sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{lw \times h} \right)}{\frac{M_{uy}}{V_{uy}} - \frac{lw}{2}} \right] hd \\
 V_c &= \left[ 0,05\sqrt{35} + \frac{4200 \left( 0,1\sqrt{35} + 0,2 \frac{15391098}{4200 \times 350} \right)}{\frac{91216530000}{5317285} - \frac{4200}{2}} \right] 350 \times 3360
 \end{aligned}$$

$$V_c = 57793205,1 \text{ N} = 57793,2051 \text{ kN} \dots \dots \dots (2)$$

Maka dipih  $V_c = 4956,69 \text{ kN}$

#### 4. Perhitungan tulangan transversal dan longitudinal.

a. Spasi tulangan transversal berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.9.9.3 tidak boleh melebihi dari :

$$- \frac{lw}{5} = \frac{5650}{5} = 1130 \text{ mm}$$

$$- 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

b. Kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser

- Untuk dinding arah x

$$V_s = \frac{V_{ux}}{\phi} - V_c = \frac{5212,81}{0,75} - 2853,72 = 4797,166 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan transversal 2D13 dengan  $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{vt} = 226,33 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{226,33 \times 400 \times 4250}{100}$$

$$= 4797166,4 \text{ N} = 4797,16 \text{ kN}$$

-Untuk dinding arah y

$$V_s = \frac{V_{uy}}{\phi} - V_c = \frac{5317,28}{0,75} - 4956,69 = 2133,02 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan transversal 2D13 dengan  $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{vt} = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 400 \times 3360}{100}$$

$$= 3566035,2 \text{ N} = 3566,03 \text{ kN}$$

b. Cek batas minimum tulangan longitudinal dan transversal Rasio tulangan transversal dan longitudinal ( $\rho_t$  dan  $\rho_l$ ) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm (SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1)

-Untuk dinding arah x dan arah y

Tulangan transversal (2D13-100)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{264,51}{350 \times 100} = 0,00758 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

Tulangan longitudinal (D25-150)

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{490,87}{350 \times 150} = 0,00935 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

c. Menentukan kuat geser nominal penampang

-Untuk dinding arah x

$$V_{nx} = V_c + V_s = 2853,72 + 4797,16 = 7650,89 \text{ kN}$$

-Untuk dinding arah y

$$V_{ny} = V_c + V_s = 4956,69 + 3566,03 = 8522,72 \text{ kN}$$

Nilai  $V_n$  yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1):

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

-Untuk dinding arah x

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{35}{565} = 0,062 < 1,5 \text{ maka } \alpha_c = 0,25$$

$$V_n = 1,98 \times 10^6 (0,25 \times \sqrt{35} + 0,00758 \times 400)$$



$$= 8921219,943 \text{ N} = 8921,22 \text{ kN}$$

$$V_n = 7650,89 \text{ kN} < 8921,22 \text{ kN} \text{ Ok}$$

-Untuk dinding arah y

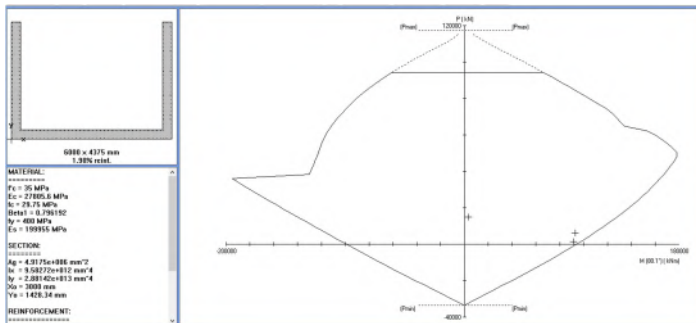
$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{35}{420} = 0,083 < 1,5 \text{ maka } \alpha_c = 0,25$$

$$V_n = 2,94 \times 10^6 (0,25 \times \sqrt{35} + 0,00758 \times 400)$$

$$= 13263406,64 \text{ N} = 13263,41 \text{ kN}$$

$$V_n = 8522,73 \text{ kN} < 13263,41 \text{ kN} \text{ Ok}$$

d. Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur. Untuk perhitungan tulangan longitudinalnya menggunakan diagram interaksi P-M hasil program SpColumn. Dari gambar 4.12 diketahui bahwa persyaratan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4. 12 Diagram Interaksi P-M shearwall

### 5. Cek kebutuhan elemen pembatas

Kebutuhan elemen pembatas pada dinding geser atau dinding struktur khusus yaitu pada SNI 2847 2013 pasal 21.9.6. Elemen pembatas diperlukan apabila:

$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u / h_w)}$$

dimana:

$c$  = sumbu netral terbesar yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor dan kekuatan momen nominal

$l_w$  = lebar dinding geser

$h_w$  = tinggi keseluruhan dinding geser

$\delta_u$  = perpindahan desain

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

No.	Fu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_c	Phi
1	15027.00	556.00	3256.00	21920.98	126103.73	38.730	1486	7265	0.01175	0.900
2	15391.00	788.00	3348.00	28855.97	122601.25	36.619	1620	7398	0.01061	0.900
3	16271.00	56680.00	29179.00	63899.96	32898.86	1.127	537	4825	0.03877	0.900
4	15087.00	56680.00	29179.00	63899.96	32898.86	1.127	537	4825	0.03877	0.900
5	1525.00	15796.00	90257.00	16820.17	96108.99	1.065	948	7025	0.01952	0.900
6	10298.00	56370.00	28220.00	58435.34	29253.96	1.037	469	4785	0.03946	0.900

\*\*\* End of output \*\*\*

Gambar 4. 13 Nilai  $c$  dinding geser pada output SpColumn

Object ID			
Tower and Story	Label	Unique Name	
dak	7	84	

Point Displacement and Drift			
	X	Y	Z
Translation, mm	73,5	-100,5	-8,4
Rotation, rad	-0,002205	0,001668	0,000996
Drift	0,000000	0,000000	

Gambar 4. 14 Nilai  $\delta_u$  dinding geser pada output ETABS

Nilai  $c$  berdasarkan gambar 4.13 didapat 1620 mm. Sementara nilai  $\delta_u$  diambil maksimum yaitu 100,5 mm.

$$\delta_u / h_w = 100,5 / 38000 = 0,00264$$

$$\delta_u / h_w < 0,007 \text{ maka dipakai } \delta_u / h_w = 0,007$$

$$\frac{l_w}{600(\delta_u / h_w)} = \frac{5650}{600 \times 0,007} = 1345,24 \text{ mm}$$

$c = 1620 \text{ mm} > 1345,24 \text{ mm}$ , maka tidak membutuhkan elemen pembatas

### 4.13 Desain Penulangan Sistem Rangka Gedung

Perencanaan desain penulangan sistem rangka gedung mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 21.13 untuk balok dan kolom disebabkan keduanya merupakan elemen struktur yang tidak ditetapkan sebagai bagian sistem penahan gempa. Sedangkan dinding geser merupakan elemen penahan gempa pada sistem rangka gedung sehingga tetap mengikuti pasal 21.9 untuk dinding geser.

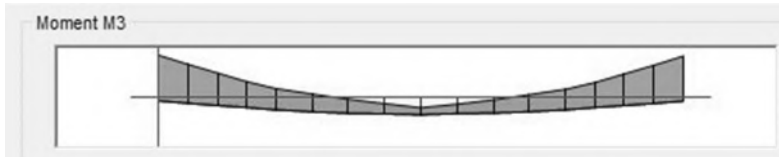
#### 4.13.1 Desain Penulangan Balok Primer

##### 1. Data Perencanaan Balok As C;3-4 Lantai 1

Dimensi Balok	= 35/50 mm
Bentang Balok	= 7800 mm
Mutu Beton	= 25 Mpa
Selimut beton	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 19 mm
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Diameter tulangan sengkang	= 10 mm

## 2. Perhitungan tulangan lentur balok

Momen envelope yang terjadi pada balok didapatkan dari analisa program bantuan seperti tergambar pada gambar berikut:



Gambar 4. 15 Momen Envelope

$$\text{Momen Tumpuan Kiri (-)} = 167,1362 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kiri (+)} = 72,1043 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Lapangan (-)} = 62,1049 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Lapangan (+)} = 102,6364 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kanan (+)} = 169,6584 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Tumpuan Kanan (-)} = 71,3083 \text{ kNm}$$

$$d = h - \text{decking} - \varnothing \text{sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan}$$

$$d = 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 19 = 440,5 \text{ mm}$$

### Rasio Tulangan

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (pasal 21.5.2)}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{0,85 \times 25} = 18,824$$

- Analisis penulangan di tumpuan akibat momen negatif (-)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 x b x d^2} = \frac{167136200}{0,9 x 350 x 440,5^2} = 2,734 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{18,824} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,734 \times 18,824}{400}} \right) = 0,00734$$

$$\text{Syarat : } \rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

$$0,0035 \leq 0,00734 \leq 0,025 \text{ menggunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00734 \times 350 \times 440,5 = 1132,2 \text{ mm}^2$$

### Jumlah Tulangan

$$\frac{A_s \text{ perlu}}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \frac{1132,2}{\frac{1}{4}\pi 19^2} = 3,99$$

digunakan 4 batang ( $A_s = 1134,6 \text{ mm}^2$ )

### Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \frac{bw - 2 \cdot \text{decking} - 2 \cdot \text{Øsengkang} - n \cdot \text{Øtul utama}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (19 \times 4)}{3} = 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Kesetimbangan Gaya Internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$\text{Sehingga } C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

$$a = \frac{As \text{ terpasang} \times fy}{0,85 \times f'c' \times b}$$

$$a = \frac{1134,6 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350} = 61 \text{ mm}$$

#### Kapasitas Momen ( $\phi$ Mn)

$$Mn = As \text{ terpasang} \times fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 1134,6 \times 400 \times \left(440,5 - \frac{61}{2}\right)$$

$$= 186065410 \text{ Nmm} = 186,07 \text{ kNm}$$

Syarat  $Mu < \phi Mn$

$$283,04 \text{ kNm} \leq 0,9 \times 186,07 \text{ kNm}$$

$$167,13 \text{ kNm} \leq 167,46 \text{ kNm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

#### Kontrol Kesesuaian Penggunaan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan

$$c = a/\beta = 61/0,85 = 71,78$$

$$d = 440,5$$

$$\epsilon_s = 0,003 \times (d-c) / c$$

$$= 0,003 \times (440,5 - 71,78) / 71,78 = 0,0154 > 0,005$$

Berada di wilayah *Tension Controlled*  $\phi = 0,9 \rightarrow$  Asumsi sesuai.

#### Kontrol Balok T

Lebar efektif:

$$b_{eff} = \frac{L}{4} = \frac{7800}{4} = 1950 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (8t_f) = 400 + (8 \times 120) = 1360 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b + (0,5s) = 400 + (0,5 \times 7800) = 4300 \text{ mm}$$

Maka digunakan lebar efektif terkecil, yaitu:

$$b_{eff} = 1360 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{pakai}} = 1134,6 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s x f_y}{0,85 x f_c x b} = \frac{1134,6 x 400}{0,85 x 25 x 1360} = 16,3$$

$$x = \frac{a}{\beta_1} = \frac{16,3}{0,85} = 19,18 \text{ mm}$$

Maka,

$$x < t$$

19,18 < 120 mm.. Sehingga perhitungan dilakukan dengan balok biasa.

- Analisis penulangan di tumpuan akibat momen positif (+)

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 x b x d^2} = \frac{72104300}{0,9 x 350 x 440,5^2} = 1,180 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{18824} \times \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 1,180 x 18824}{400}} \right) = 0,00304$$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$$

0,0035 > 0,00304 ≤ 0,025 maka menggunakan  $\rho_{\text{min}}$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 350 \times 440,5 = 539,6 \text{ mm}^2$$

### Jumlah Tulangan

$$\frac{A_{s\text{perlu}}}{1/4 \pi d^2} = \frac{539,6}{1/4 \pi 19^2} = 1,9$$

digunakan 2 batang ( $A_s = 567,3 \text{ mm}^2$ )

Kontrol Jarak Spasi Tulangan

$$S_{max} = \frac{bw - 2.decking - 2.Øsengkang - n.Øtul\ utama}{n - 1} \geq 25\text{ mm}$$

$$= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (19 \times 2)}{1} = 212\text{ mm}$$

Kesetimbangan Gaya Internal

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times a \times b$$

$$T_s = A_s \times f_y$$

$$\text{Sehingga } C_c = T_s$$

$$0,85 \times f_c' \times a \times b = A_s \times f_y$$

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

$$a = \frac{567,3 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350} = 30,5\text{ mm}$$

Kapasitas Momen ( $\phi$  Mn)

$$M_n = A_s \text{ terpasang} \times f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 567,3 \times 400 \times \left(440,5 - \frac{30,5}{2}\right)$$

$$= 96494224\text{ Nmm} = 96,49\text{ kNm}$$

$$\text{Syarat } \mu < \phi M_n$$

$$72,10\text{ KNm} \leq 0,9 \times 96,49\text{ KNm}$$

$$72,10\text{ KNm} \leq 86,84\text{ KNm} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

Kontrol Kesesuaian Penggunaan Nilai Faktor Reduksi Kekuatan

$$c = a/\beta = 30,5/0,85 = 35,89$$

$$d = 440,5$$



$$\begin{aligned}\epsilon_s &= 0,003 \times (d-c) / c \\ &= 0,003 \times (440,5 - 35,89) / 35,89 = 0,0338 > 0,005\end{aligned}$$

Berada di wilayah *Tension Controlled*  $\phi = 0,9 \rightarrow$  Asumsi sesuai.

### Kontrol Balok T

Lebar efektif:

$$\begin{aligned}b_{eff} &= \frac{L}{4} = \frac{7800}{4} = 1950 \text{ mm} \\ b_{eff} &= b + (8t_f) = 400 + (8 \times 120) = 1360 \text{ mm} \\ b_{eff} &= b + (0,5s) = 400 + (0,5 \times 7800) = 4300 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka digunakan lebar efektif terkecil, yaitu:

$$\begin{aligned}b_{eff} &= 1360 \text{ mm} \\ A_{s_{pakai}} &= 567,29 \text{ mm}^2 \\ a &= \frac{A_s x f_y}{0,85 x f_c x b_e} = \frac{567,29 \times 400}{0,85 \times 25 \times 1360} = 8,15 \\ x &= \frac{a}{\beta_1} = \frac{8,15}{0,85} = 9,59 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka,

$$x < t$$

9,59 < 120 mm.. Sehingga perhitungan dilakukan dengan balok biasa.

Dengan cara yang sama dilakukan untuk menghitung tulangan pada masing-masing tumpuan dan lapangan sehingga didapat kebutuhan tulangan pada balok As C 3-4 seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 55 Tulangan Lentur Balok As C 3-4

Posisi	C 3-4		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
atas	4D19	2D19	5D19
bawah	2D19	3D19	2D19

### 3. Perhitungan Tulangan Geser

Sebagaimana di atur pada SNI 2847-2013, pasal 21.5.4 gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian komponen struktur antara dua muka-muka joint. Momen  $M_{pr}$  dengan tanda berlawanan dianggap bekerja bersama-sama pada muka kolom dan komponen struktur tersebut dibebani penuh dengan beban gravitasi terfaktor.

$M_{pr}$  harus dihitung dari tulangan terpasang dengan tegangan 1,25  $f_y$  dan faktor reduksi  $\phi=1$ .

Dengan data balok sebagai berikut:

- $f_c'$  = 25 Mpa
- $f_y$  = 400 Mpa
- $\beta_1$  = 0,85
- $\phi$  reduksi = 0,75 (SNI 03-2847-2013 ps 9.3.2.3)
- Lebar (b) = 350 mm
- Tinggi (h) = 500 mm
- $\phi$  Tul.Sengkang = 10 mm

b. Hitung momen ujung ( $M_{pr}$ )

Perhitungan  $M_{pr}$  balok dilakukan dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur mencapai  $1,25f_y$ .

- Momen ujung negatif tumpuan kiri

$$a_{pr\_1} = \frac{1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{1,25 \times 1134,6 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350} = 76,274 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr\_1} &= 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr\_1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 1134,6 \times 400 \left( 440,5 - \frac{76,274}{2} \right) \\ &= 228,25 \times 10^6 \text{ N.mm} = 228,25 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung positif tumpuan kiri

$$a_{pr\_2} = \frac{1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{1,25 \times 567,3 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350} = 38,137 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr\_2} &= 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr\_1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 567,3 \times 400 \left( 540,5 - \frac{38,137}{2} \right) \\ &= 119,53 \times 10^6 \text{ N.mm} = 119,53 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung negatif tumpuan kanan

$$a_{pr\_3} = \frac{1,25 f_y}{0,85 f_c b} = \frac{1,25 \times 1150,7 \times 400}{0,85 \times 25 \times 350} = 95,342 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr\_3} &= 1,25 A_s f_y \left( d - \frac{a_{pr\_1}}{2} \right) \\ &= 1,25 \times 1150,7 \times 400 \left( 440,5 - \frac{95,342}{2} \right) \\ &= 278,56 \times 10^6 \text{ N.mm} = 278,56 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- Momen ujung positif tumpuan kanan

$$\begin{aligned} M_{pr\_4} &= M_{pr\_2} \\ &= 119,53 \times 10^6 \text{ N.mm} = 119,53 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

- b. Hitung gaya geser akibat  $M_{pr}$

$$V_g = 122 \text{ kN (dari kombinasi 1,2D + 1L)}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{gempa kiri}} &= \frac{M_{pr2} + M_{pr3}}{L_n} \\ &= \frac{(119,53 \times 10^6) + (278,56 \times 10^6)}{7800} = 51037,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{e kiri}} &= V_{\text{gempa kiri}} + V_g \\ &= 51037,67 + 122074 = 173045,07 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{e kanan}} &= V_{\text{gempa kiri}} - V_g \\ &= 51037,67 - 122074 = 70969,73 \text{ N} \end{aligned}$$

Tabel 4. 56 Gaya Geser Desain

Arah Gempa	V gempa ( N )	Tump Kiri ( Ve )	Tump Kanan ( Ve )
Kiri	51037,67	173045,07	70969,73
Kanan	51037,67	70969,73	173045,07

- c. Cek persyaratan tulangan transversal spasi sengkang tidak boleh lebih dari : (SNI 03-2847-2013 pasal 21.13.3.1).

$$\frac{d}{2} = \frac{440,5}{2} = 220 \text{ mm (sepanjang panjang komponen struktur)}$$

## d. Hitung tulangan geser

$$V_u = 173045,07 \text{ N}$$

Untuk daerah di luar sendi plastis beton dianggap berkontribusi menahan geser. Besarnya  $V_c$  adalah

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \\ &= 0,17 \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 440,5 = 131048,75 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{173045,07}{0,75} - 131048,75 = 99678,02 \text{ N}$$

Digunakan sengkang 2D10,  $A_v = 157,14 \text{ mm}^2$

Jarak yang digunakan 200 mm,

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157,14 \times 400 \times 440,5}{200} = 138842,86 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi(V_s + V_c) &= 0,75 \times (138842,86 + 131048,75) \\ &= 202118,71 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi(V_s + V_c) = 202118,71 > V_u = 173045,07 \text{ N, oke}$$

Maka, digunakan sengkang 2D10 – 200 mm

Tabel 4. 57 Tulangan Sengkang Balok As C 3-4

Posisi	Sengkang
Tumpuan Kiri	2D10 – 200 mm
Lapangan	2D10 – 200 mm
Tumpuan Kanan	2D10 – 200 mm

### 3. Perhitungan tulangan torsi

Perencanaan penulangan torsi mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 11.5. Dan menurut pasal 11.5.2.2, pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor kurang dari:

$$T_u < \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana:

$A_{cp}$  = luas penampang

$P_{cp}$  = keliling penampang

$\lambda$  = 1 (beton normal)

$\phi$  = 0,75

Dari hasil analisis menggunakan program bantu, didapat nilai maksimum torsi pada balok As C 3-4 sebagai berikut:

$$T_u = 44,5946 \text{ kN.m}$$

#### Kontrol kebutuhan torsi

$$A_{cp} = b \times h = 350 \times 500 = 175000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b+h) = 2 \times (350+500) = 1700 \text{ mm}$$

Maka,

$$44,59 > 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \times \left( \frac{175000^2}{1700} \right)$$

$$44,59 > 30,63 \text{ kN.m.} \text{ (Perlu tulangan torsi)}$$

#### Penulangan torsi sengkang

$x_o$  = lebar as ke as tulangan sengkang

$$= 350 - 2 \times (40 + 10/2) = 260 \text{ mm}$$

$y_o$  = tinggi as ke as tulangan sengkang

$$= 500 - 2 \times (40 + 10/2) = 410 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o \times y_o = 260 \times 410 = 106600 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 106600 = 90610 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2(x_o + y_o) = 2(260 + 410) = 1340 \text{ mm}$$

Menentukan kebutuhan tulangan sengkang

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2A_o f_y \cot \theta} = \frac{44594600 / 0,75}{2 \times 90610 \times 400 \times \cot 45^\circ}$$

$$= 0,82 \text{ mm}^2/\text{m}$$

(per meter maka  $s = 1000 \text{ mm}$ )

$$A_t = \frac{0,82}{1000} = 820,26 \text{ mm}^2$$

Maka, luas total tulangan sengkang yang diperlukan:

$$A_{total} = A_v + 2A_t = 157,14 + (2 \times 820,26) = 1797,68$$

Digunakan sengkang 10 mm

$$s = \frac{A_v \times 1000}{A_{total}} = \frac{157,14 \times 1000}{1797,68} = 87,41 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tulangan torsi transversal 2D10 – 80.

Menentukan kebutuhan tulangan longitudinal

$$A_l = \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \left( \frac{f_y}{f_y} \right) \cot^2 \theta$$

$$= 0,82 \times 1340 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times 1 = 1099,16 \text{ mm}^2$$

Periksa terhadap  $A_{l \min}$

$$A_{l \min} = \left( \frac{0,42 \sqrt{f' c} A_{cp}}{f_y} \right) - \left( \frac{A_t}{s} \right) P_h \left( \frac{f_y}{f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0,42 \sqrt{25} \cdot 175000}{400} \right) - 1099,16 = 49,16 \text{ mm}^2$$

Sehingga diambil  $A_l = 1099,16 \text{ mm}^2$

Kebutuhan tulangan longitudinal torsi  
Pada Tumpuan Atas

$$\begin{aligned}
 A_l \text{ perlu} &= \frac{1}{4} A_l = \frac{1}{4} \times 1041,38 &= 282,87 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ perlu} &= 4D19 &= 1134,6 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ total} &= A_s + A_l &= 1407,2 \text{ mm}^2 \\
 \text{Dipasang} &= 5D19 &= 1418,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dilakukan cara yang sama untuk menghitung tulangan akibat torsi pada masing-masing tumpuan dan lapangan pada balok As C 3-4 Sehingga didapat kebutuhan tulangan pada balok-balok tersebut seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 58 Rekapitulasi Penulangan Balok As C 3-4

Posisi	C 3-4		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
Atas	5D19	3D19	6D19
Bawah	3D19	4D19	3D19
Sengkang	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80

#### 4. Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 12.

##### 3. Panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tarik, tidak boleh kurang dari 300 mm yang ditentukan dengan persamaan berikut:



$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\psi_f\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \right) \times d_b$$

Dimana:

$\psi_t = 1,3$  (bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan.

$\psi_e = 1,0$  (untuk tulangan tidak dilapisi)

$\psi_s = 0,8$  (tulangan D-19)

$\lambda = 1,0$  (untuk beton normal)

$d_b = 19$  mm

$$c_b = 40 + 10 + \frac{19}{2} = 59,5 \text{ mm}$$

Ktr = 0,0 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3)

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{59,5 + 0}{19} = 3,13 > 2,5$$

Maka nilai yang digunakan adalah 2,5

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1\sqrt{25}} \frac{1,3 \times 1 \times 0,8}{2,5} \right) \times 19 = 575 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 12.15.2 sambungan lewat tulanga ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tarik,

$$1,3l_d = 1,3 \times 575 \text{ mm} = 747,28 \approx 750 \text{ mm}$$

#### 4. Panjang penyaluran tulangan tekan

Panjang penyaluran untuk batang tulangan ulir dalam kondisi tekan, tidak boleh kurang dari 200 mm yang ditentukan dalam kedua persamaan berikut:

$$l_{dc} = \left( \frac{0,24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{45}} \right) \times d_b = \left( \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{45}} \right) \times 19$$

$$= 271,9 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 0,043 f_y d_b = 0,043 \times 400 \times 19$$

$$= 326,8 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terbesar dari kedua persamaan diatas, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tekan,  $l_{dc} = 326,8 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

Dengan cara yang sama perhitungan penulangan balok dilakukan pada masing-masing balok portal As 7 dan portal As C. Hasil perhitungan penulangan terlampir dalam lampiran.

#### 4.13.2 Desain Penulangan Kolom

Perhitungan penulangan kolom sistem rangka gedung mengikuti SNI 2847-2013 pasal 21.13.4.3 dimana mengikuti pasal 21.6.3, 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.1. Data perencanaan untuk desain penulangan kolom pada desain sistem struktur rangka gedung untuk contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

##### Data Perencanaan Kolom As C-4

Tinggi kolom (L) : 3750 mm

T. bersih kolom (Ln) : 3150 m

Dimensi Kolom	: 650 x 650
Mutu beton $f_c'$	: 30 Mpa
Mutu baja $f_y$	: 400 Mpa
Ø tul memanjang	: D 22 mm
Ø tul sengkang	: D 13 mm

Tabel 4. 59 Gaya Aksial dan Momen Kolom Lt.1

No	Kombinasi Beban	Pu(kN)	Mx (kNm)
1	1,4D	4201,78	13,3
2	1,2D + 1,6L	4651,79	28,77
3	1,2D + 1L ± Ex	4393,27	176,56
4	1,2D + 1L ± Ey	4588,09	49,48
5	0,9D ± Ex	2836,47	174,63
6	0,9D ± Ey	3031,3	47,54

1. Cek syarat komponen struktur penahan gempa

Gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  akibat sembarang kombinasi beban yang melebihi  $Agf'_c/10$  (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1).

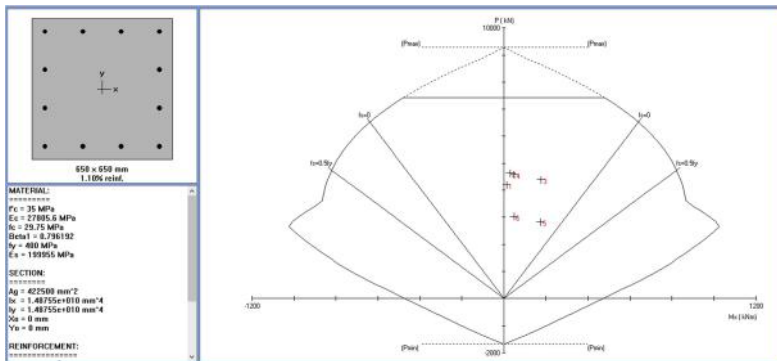
$$Agf'_c/10 = (650 \times 650 \times 35)/10$$

$$= 1478750 \text{ N} = 1478,75 \text{ kN}$$

Maka dapat dilihat dari tabel gaya aksial di atas terdapat nilai  $P_u > Agf'_c/10$

2. Tentukan tulangan longitudinal penahan lentur.

Luas tulangan longitudinal penahan lentur tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  atau lebih dari  $0,06 A_g$  (SNI3 2847:2013 pasal 21.6.3.1). Dari trial error dengan SpCol didapat konfigurasi tulangan longitudinal 12D22 seperti pada Gambar



Gambar 4. 16 Diagram Interaksi P-M SpCol Kolom Bawah

3. Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor.

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisis struktur.

$$\phi P_n(\max) = 0,8 \times \phi \times [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

Dimana:

$$A_g = 650 \times 650 = 562500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 4644 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n(\max) &= 0,8 \times \phi \times [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times [0,85 \times 35 \times (557856) + 400 \times 4644] \end{aligned}$$

$$= 9595984,32 \text{ N} = 9595,84 \text{ kN}$$

Maka,  $\phi P_n(\text{max}) > P_u$

$$9595,84 \text{ kN} > 4588,09 \text{ kN.. (Ok)}$$

4. Perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement*.

- Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*).

Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom dengan  $l_o$  merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint,  $h = 650 \text{ mm}$
- $1/6$  bentang bersih komponen struktur  
 $1/6 (3150 \text{ mm}) = 525 \text{ mm}$
- $450 \text{ mm}$

Maka jarak untuk  $l_o$  digunakan **650 mm**

- Tentukan spasi maksimum *hoop*,  $s_{max}$ , pada daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom. Nilai  $s_{max}$  merupakan nilai terbesar dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3):
- Seperempat dimensi komponen struktur minimum  
 $\frac{b}{4} = \frac{650}{4} = 162,5 \text{ mm}$
- 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil  
 $6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$

- $s_o$ , dengan  $s_o$  tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.

$$s_o = 100 + \frac{350 - 0,5h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5(650 - 2(40) - \frac{13}{2})}{3} = 124 \text{ mm}$$

Nilai  $s_o$  tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm.

Maka  $s_{max} = 124 \text{ mm}$ , dan dapat digunakan spasi *hoop* ( $s$ ) = 100 mm (minimum) sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom.

- Penentuan luas tulangan *confinement*.

Untuk daerah sepanjang  $l_o$  dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

$$A_{sh1} = 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

$$\begin{aligned} b c &= \text{lebar penampang inti beton (yang terkekang)} \\ &= b - 2(\text{selimut} + 1/2db) = 650 - 2(40 + 1/2(13)) \\ &= 557 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= (b - 2\text{selimut}) \times (h - 2\text{selimut}) \\ &= (650 - 2(40)) \times (650 - 2(40)) \\ &= 324900 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \left( \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 \left( \frac{100 \times 557 \times 35}{400} \right) \left( \frac{650^2}{324900} - 1 \right) \\ &= 439,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ash2} &= 0,09 \frac{s_b c f'_c}{f_{yt}} \\
 &= 0,09 \frac{100 \times 557 \times 35}{400} \\
 &= 438,63
 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang (hoop) **4D13-100**

$$\begin{aligned}
 \text{Aspasang} &= 4kaki \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 \\
 &= 530,66 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Aspasang > Ash = 439,22 mm<sup>2</sup>.....*memenuhi*.

- Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi *lo* di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 5) :
  - 6 kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 
$$6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$
  - 150 mm

Maka *smin* = 132 mm, dan dapat digunakan spasi *hoop* (*s*) = 130 mm sepanjang sisa tinggi kolom bersih.

##### 5. Perhitungan gaya geser desain *Ve*

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan kebutuhan tulangan transversal harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan (joint) di setiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joints ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum

yang mungkin ( $Mpr$ ) di setiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor ( $P_u$ ) yang bekerja pada komponen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $Mpr$  komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur. ( $V_e < V_u$ )

$$V_e = \frac{Mpr_{atas} + Mp_{bawah}}{ln}$$

$Mpr$  ditentukan dengan mengasumsikan teganga tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit  $1,25f_y$  dan faktor reduksi kekuatan sebesar  $1,0$ .

Sehingga nilai  $f_y$  untuk geser sebesar  $1,25 f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ Mpa}$ .

- Hitung  $Mpr_{atas}$  dan  $Mpr_{bawah}$

$Mpr_{atas}$  dan  $Mpr_{bawah}$  didapat dari diagram interaksi perhitungan pada  $SpCol$  dengan menggunakan  $f_y = 1,25f_y$  dan  $\phi=1$ .

Gambar 4. 17 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom Desain Bawah,  $f_y=1,25f_y$

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:									
Design/Required ratio PhiMn/Mu >= 1.00									
No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi	
1	4202.00	13.00	878.06	67.543	394	589	0.00149	0.650	
2	4652.00	29.00	857.56	29.571	427	589	0.00114	0.650	
3	4393.00	177.00	870.17	4.916	408	589	0.00134	0.650	
4	4588.00	50.00	860.89	17.218	423	589	0.00118	0.650	
5	2836.00	175.00	1016.33	5.808	257	589	0.00389	0.789	
6	3031.00	48.00	955.18	19.900	291	589	0.00309	0.709	



Gambar 4. 18 Output Diagram Interaksi Pn-Mpr Kolom Desain Atas,  $f_y=1,25f_y$

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:

---

Design/Required ratio PhiMn/Mu >= 1.00

No.	Pu kN	Mux kNm	PhiMnx kNm	PhiMn/Mu kNm	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
1	3740.00	18.00	892.64	49.531	360	589	0.00191	0.650
2	4059.00	24.00	883.26	36.803	383	589	0.00162	0.650
3	3868.00	87.00	889.35	10.222	369	589	0.00179	0.650
4	4053.00	36.00	883.47	24.541	383	589	0.00162	0.650
5	2533.00	103.00	1084.57	10.530	220	589	0.00504	0.900
6	2718.00	43.00	1047.52	24.361	241	589	0.00434	0.834

Dari perhitungan kembali SpCol dengan  $f_y = 1,25f_y$ . diketahui besarnya  $M_{prc,atas}$ , dan  $M_{prc,bawah}$ .

$$M_{prc,bawah} = 857,56 \text{ kNm}$$

$$M_{prc,atas} = 883,26 \text{ kNm}$$

- Hitung  $V_e$

$$V_e = \frac{M_{prc,bawah} + M_{prc,atas}}{ln}$$

$$= \frac{857,56 + 883,26}{3,15} = 1740,82 \text{ kN}$$

- $V_u = 59,18 \text{ kN}$  (dari perhitungan hasil analisa struktur)
- Kontrol

$$V_e > V_u \Leftrightarrow 1740,82 \text{ kN} > 59,18 \text{ kN}$$

Perencanaan Geser memenuhi syarat sesuai **SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.1**, dimana nilai  $V_e$  tidak boleh lebih kecil dari pada nilai gaya geser terfaktor yang dibutuhkan berdasarkan hasil analisa struktur.

Besarnya nilai  $V_u$  akan ditahan oleh kuat geser beton ( $V_c$ ) dan kuat tulangan geser ( $V_s$ ). Nilai  $V_c$  dapat

dianggap = 0, sesuai *SNI 2847:2013 Pasal 21.6.5.2*, apabila

- Gaya geser yang ditimbulkan gempa, ( $V_e$ ) mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam  $l_o$ .

$$50\% \times V_e > V_u$$

- Gaya tekan aksial terfaktor,  $P_u > A_g f'_c / 10$  namun  $P_u = 4588,09$  kN lebih dari  $A_g f'_c / 10$  maka nilai  $V_c \neq 0$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{4588090}{14(650^2)} \right) \cdot 1 \sqrt{35} (650)(650-40-13-22/2) \\ &= 680230 \text{ N} = 680,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sedangkan besar  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan confinement Ash yang terpasang.

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{132,67 \times 400 \times 586}{100} \\ &= 1243,87 \times 10^6 \text{ N} = 1243,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } \phi(V_c + V_s) = 0,75 \times (680,23 + 1243,87)$$

$$= 1443,07 \text{ kN}$$

$$\phi(V_c + V_s) > 59,18 \text{ kN}$$

- Perhitungan sambungan lewatan  
Sambungan tulangan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan *SNI 2847:2013 Pasal 12.2.3*.

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'c}} \frac{\psi_f\psi_e\psi_s}{\left(\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}\right)} \right) \times d_b$$

Dimana:

$\psi_t = 1,3$  (bila tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300 mm beton segar dicor di bawah panjang penyaluran atau sambungan.

$\psi_e = 1,0$  (untuk tulangan tidak dilapisi)

$\psi_s = 1,0$  (tulangan D-22)

$\lambda = 1,0$  (untuk beton normal)

$d_b = 22$  mm

$$c_b = 40 + 10 + \frac{22}{2} = 64 \text{ mm}$$

Ktr = 0,0 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3)

$$\frac{c_b + k_{tr}}{d_b} = \frac{64 + 0}{22} = 2,9 > 2,5$$

Maka nilai yang digunakan adalah 2,5

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \sqrt{35}} \frac{1,3 \times 1 \times 1}{2,5} \right) \times 22 = 704 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 12.15.2 sambungan lewat tulanga ulir dalam kondisi tarik merupakan sambungan Kelas B, sehingga dipakai panjang penyaluran tulangan tarik,  $1,3l_d = 1,3 \times 704 \text{ mm} = 941,12 \approx 950 \text{ mm}$

### 4.13.3 Desain Penulangan Dinding Struktur

Analisis Desain Dinding Geser Khusus Gaya dalam yang bekerja pada dinding diperlihatkan pada Tabel. 4.45 gaya dalam tersebut didapatkan dari program bantu analisis struktur. Analisis desain dinding geser mengacu pada SNI 17262012 Pasal 21.9.

Tabel 4. 60 Gaya dalam Dinding Geser (Pier 1)

No	Kombinasi Beban	Pu(kN)	Vx (kNm)	Vy (kNm)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	1,4D	13579	76,38	63,68	947,76	1916
2	1,2D + 1,6L	14146,93	97,91	93,56	2795	1037,58
3	1,2D + 1L ± Ex	15900,45	2700,54	1114,43	58961,13	21009
4	1,2D + 1L ± Ey	13925,33	735,32	3444,62	15544,1	66611,18
5	0,9D ± Ex	11481,17	2663,9	1076,43	58754,68	19877,75
6	0,9D ± Ey	9506,05	698,67	3406,62	15337,63	63016,13

Berdasarkan Tabel didapatkan gaya dalam terbesar yaitu :

$$Pu = 15900,5 \text{ kN}$$

$$V_{ux} = 2700,54 \text{ kN}$$

$$V_{uy} = 3444,62 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 58961,1 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = 66611,1 \text{ kNm}$$

1. Cek dimensi penampang terhadap gaya geser terfaktor  
Untuk semua segmen shearwall nilai  $V_n$  tidak boleh lebih  
besar dari  $0,83A_{cv}\sqrt{f'c}$  (SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.4).

$$V_n = \frac{Vu}{\phi}; \phi = 0,75$$

-Untuk dinding arah x

$$V_{nx} = \frac{V_{ux}}{\phi} = \frac{2700,54}{0,75} = 3600,72 \text{ kN}$$

$$A_{cv1} = l_{w_x} \times t = 5,65 \times 0,35 = 1,98 \text{ m}^2$$

$$0,83A_{cv1}\sqrt{f'c} = 0,83 \times 1980000 \times \sqrt{35} = 9710,21 \text{ kN}$$

$$V_{nx} < 0,83A_{cv1}\sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

-Untuk dinding arah y

$$V_{ny} = \frac{V_{uy}}{\phi} = \frac{3444,62}{0,75} = 4592,83 \text{ kN}$$

$$A_{cv2} = 2 \times l_{w_y} \times t = 2 \times 4,2 \times 0,35 = 2,94 \text{ m}^2$$

$$0,83A_{cv2}\sqrt{f'c} = 0,83 \times 2940000 \times \sqrt{35} = 14436,42 \text{ kN}$$

$$V_{ny} < 0,83A_{cv1}\sqrt{f'c} \rightarrow ok$$

2. Paling sedikit dua tirai digunakan jika  $V_u$  melebihi  
 $0,17\lambda A_{cv}\sqrt{f'c}$  berdasarkan SNI 2847-2013 pasal  
21.9.2.2

- Untuk dinding arah x

$$0,17\lambda Acv_1\sqrt{f'c} = 0,17 \times 1980000 \times \sqrt{35} = 1988,83 \text{ kN}$$

$$Vux = 2700,54 > 0,17\lambda Acv_1\sqrt{f'c} \rightarrow \text{diperlukan 2 tirai}$$

- Untuk dinding arah y

$$0,17\lambda Acv_2\sqrt{f'c} = 0,17 \times 2940000 \times \sqrt{35} = 2956,86 \text{ kN}$$

$$Vuy = 3444,62 > 0,17\lambda Acv_2\sqrt{f'c} \rightarrow \text{diperlukan 2 tirai}$$

3. Perhitungan kuat geser beton ( $V_c$ ) sesuai SNI 2847-2013 Pasal 11.9.6, dimana  $V_c$  diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut :

-Untuk dinding arah x

$$d = 0,8 \times lw = 0,8 \times 5650 = 4520 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,27\lambda\sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{P_u \times d}{4lw} \\ &= 0,27 \times \sqrt{35} \times 350 \times 4520 + \frac{15900500 \times 4520}{4 \times 5650} \\ &= 5707084,319 \text{ N} = 5707,08 \text{ kN} \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

$$V_c = \left[ 0,05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{lw \left( 0,1\lambda\sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{lw \times h} \right)}{\frac{Mux}{Vux} - \frac{lw}{2}} \right] hd$$

$$V_c = \left[ 0,05\sqrt{35} + \frac{5650 \left( 0,1\sqrt{35} + 0,2 \frac{15900450}{5650 \times 350} \right)}{\frac{589611000000}{2700540} - \frac{5650}{2}} \right] 350 \times 4520$$

$V_c = 1502362 \text{ N} = 1502,36 \text{ kN} \dots\dots\dots (2)$

Maka dipilih  $V_c = 1502,36 \text{ kN}$

-Untuk dinding arah y

$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 4200 = 3360 \text{ mm}$

$$V_c = 0,27\lambda\sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{p_u \times d}{4l_w}$$

$$= 0,27 \times \sqrt{35} \times 350 \times 3360 + \frac{15900450 \times 3360}{4 \times 4200}$$

$$= 5058563 \text{ N} = 5058,56 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_c = \left[ 0,05\lambda\sqrt{f'c} + \frac{l_w \left( 0,1\lambda\sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w \times h} \right)}{\frac{M_{uy}}{V_{uy}} - \frac{l_w}{2}} \right] hd$$

$$V_c = \left[ 0,05\sqrt{35} + \frac{4200 \left( 0,1\sqrt{35} + 0,2 \frac{15900450}{4200 \times 350} \right)}{\frac{63016130000}{3444620} - \frac{4200}{2}} \right] 350 \times 3360$$

$$V_c = 52172934 \text{ N} = 52172,9 \text{ kN} \dots \dots \dots (2)$$

Maka dipilih  $V_c = 52172,9 \text{ kN}$

#### 4. Perhitungan tulangan transversal dan longitudinal.

a. Spasi tulangan transversal berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.9.9.3 tidak boleh melebihi dari :

$$- \frac{lw}{5} = \frac{5650}{5} = 1130 \text{ mm}$$

$$- 3h = 3 \times 350 = 1050 \text{ mm}$$

$$- 450 \text{ mm}$$

b. Kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser

- Untuk dinding arah x

$$V_s = \frac{V_{ux}}{\phi} - V_c = \frac{3600,72}{0,75} - 1502,36 = 2098,35 \text{ kN}$$

Digunakan tulangan transversal 4D13 dengan  $s = 250 \text{ mm}$

$$A_{vt} = 226,33 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{530,66 \times 400 \times 4250}{250}$$

$$= 2302639 \text{ N} = 2302,64 \text{ kN}$$

-Untuk dinding arah y

$$V_s = \frac{V_{uy}}{\phi} - V_c = \frac{4592,83}{0,75} - 5058,56 = -144,39 \text{ kN}$$



Beton sudah kuat menahan  $V_u$  namun tetap digunakan tulangan transversal 2D13 dengan  $s = 250$  mm

$$A_{vt} = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{265,33 \times 400 \times 3360}{250}$$

$$= 855848,448 \text{ N} = 885,84 \text{ kN}$$

b. Cek batas minimum tulangan longitudinal dan transversal Rasio tulangan transversal dan longitudinal ( $\rho_t$  dan  $\rho_l$ ) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm (SNI 2847-2013 pasal 21.9.2.1)

-Untuk dinding arah x

Tulangan transversal (4D13-250)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{530,66}{350 \times 250} = 0,00606 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

Tulangan longitudinal (D25-150)

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{490,8}{350 \times 150} = 0,0063 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

-Untuk dinding arah y

Tulangan transversal (2D13-250)

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{264,51}{350 \times 250} = 0,00303 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

Tulangan longitudinal (D25-150)

$$\rho_l = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{490,8}{350 \times 150} = 0,0063 > 0,0025 \rightarrow \text{ok}$$

c. Menentukan kuat geser nominal penampang

-Untuk dinding arah x

$$V_{nx} = V_c + V_s = 1502,36 + 2302,64 = 3805 \text{ kN}$$

-Untuk dinding arah y

$$V_{ny} = V_c + V_s = 5058,56 + 855,84 = 5914,41 \text{ kN}$$

Nilai  $V_n$  yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847-2013 pasal 21.9.4.1):

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

-Untuk dinding arah x

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{35}{565} = 0,062 < 1,5 \text{ maka } \alpha_c = 0,25$$

$$V_n = 1,98 \times 10^6 (0,25 \times \sqrt{35} + 0,00606 \times 400)$$

$$= 5803061,78 \text{ N} = 5803,06 \text{ kN}$$

$$V_n = 3805 \text{ kN} < 5803,06 \text{ kN} \text{ Ok}$$

-Untuk dinding arah y

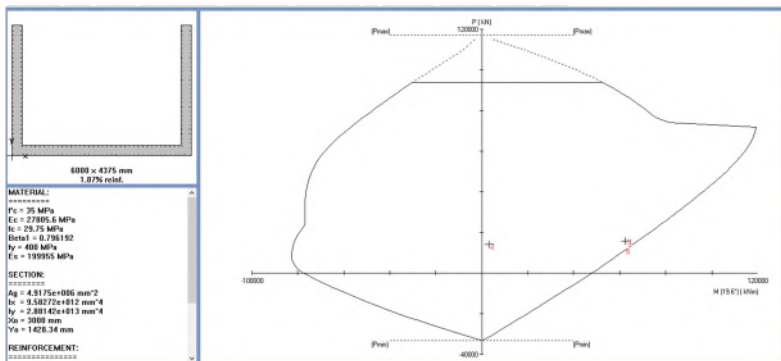
$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{35}{420} = 0,083 < 1,5 \text{ maka } \alpha_c = 0,25$$

$$V_n = 2,94 \times 10^6 (0,25 \times \sqrt{35} + 0,00303 \times 400)$$

$$= 6487939,761 \text{ N} = 6487,93 \text{ kN}$$

$$V_n = 5914,41 \text{ kN} < 6487,93 \text{ kN} \text{ Ok}$$

d. Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lentur. Untuk perhitungan tulangan longitudinalnya menggunakan diagram interaksi P-M hasil program SpColumn. Dari gambar 4.12 diketahui bahwa persyaratan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4. 19 Diagram Interaksi P-M shearwall

## 5. Cek kebutuhan elemen pembatas

Kebutuhan elemen pembatas pada dinding geser atau dinding struktur khusus yaitu pada SNI 2847 2013 pasal 21.9.6. Elemen pembatas diperlukan apabila:

$$c \geq \frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)}$$

dimana:

$c$  = sumbu netral terbesar yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor dan kekuatan momen nominal

$l_w$  = lebar dinding geser

$h_w$  = tinggi keseluruhan dinding geser

$\delta_u$  = perpindahan desain

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities:										
No.	Pu kN	Mux kNm	Muy kNm	PhiMnx kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu NA depth	Dc depth mm	De depth mm	eps_t	Phi
1	13759.00	947.00	1916.00	47884.67	96881.76	50.566	1513	6744	0.01038	0.900
3	15900.00	58961.00	21009.00	44067.90	22828.69	1.087	449	4669	0.03868	0.900
4	13926.00	56611.00	15544.00	62129.86	17059.35	1.097	383	4587	0.04362	0.900
5	11481.00	58754.00	19877.00	58982.90	19954.45	1.004	393	4634	0.04435	0.900
6	9506.00	15337.00	53016.00	30811.90	106508.70	2.009	1492	7347	0.01179	0.900

Gambar 4. 20 Nilai  $c$  dinding geser pada output SpColumn

Object ID			
Tower and Story	Label	Unique Name	
dak	112	258	

Point Displacement and Drift			
	X	Y	Z
Translation, mm	-61.9	-108.0	-6.7
Rotation, rad	0.003202	0.001302	0.001743
Drift	0.000000	0.000000	

Gambar 4. 21 Nilai  $\delta_u$  dinding geser pada output ETABS

Nilai  $c$  berdasarkan gambar 4.13 didapat 1513 mm. Sementara nilai  $\delta_u$  diambil maksimum yaitu 100,5 mm.

$$\delta_u/h_w = 108/38000 = 0,002842$$

$$\delta_u/h_w < 0,007 \text{ maka dipakai } \delta_w/h_w = 0,007$$

$$\frac{l_w}{600(\delta_u/h_w)} = \frac{5650}{600 \times 0,007} = 1345,24 \text{ mm}$$

$c = 1513 \text{ mm} > 1345,24 \text{ mm}$ , maka tidak membutuhkan elemen pembatas

#### 4.14 Perhitungan Volume

Setelah dilakukan perhitungan penulangan struktur utama pada masing-masing sistem struktur, kemudian dilakukan perhitungan volume untuk dijadikan perbandingan. Perhitungan dilakukan untuk volume beton dan volume penulangan pada portal As 7 untuk melintang dan portal As C untuk memanjang.

##### 4.14.1 Perhitungan Volume Beton

Berikut ialah tabel perhitungan volume beton kolom, balok, dan dinding geser untuk sistem ganda.

Tabel 4. 61 Rekapitulasi Volume Beton Sistem Ganda

Komponen	Dimensi			n	jumlah
	P	L	T		
Kolom	0,75	0,75	3,75	22	54,84
	0,75	0,75	5	22	73,13
	0,75	0,75	3,5	55	127,97
	0,75	0,75	3	4	8,44
Dinding Geser	5,65	0,35	3,75	2	14,83
	4,2	0,35	3,75	4	22,05
	5,65	0,35	5	2	19,78
	4,2	0,35	5	4	29,40
	5,65	0,35	3,5	5	34,61
	4,2	0,35	3,5	10	51,45
	5,65	0,35	3	1	5,93
	4,2	0,35	3	2	8,82

Balok	7,8	0,4	0,6	63	117,94
	3	0,4	0,6	19	13,68
	2,7	0,4	0,6	10	6,48
	6,65	0,4	0,6	20	31,92
	6	0,4	0,6	10	14,40
	4,2	0,4	0,6	10	10,08
Total					616,35

Berikut ialah tabel perhitungan volume beton kolom, balok, dan dinding geser untuk sistem rangka gedung.

Tabel 4. 62 Rekapitulasi Volume Beton Sistem Rangka Gedung

Komponen	Dimensi			N	Jumlah
	p	L	T		
Kolom	0,65	0,65	3,75	26	41,19
	0,65	0,65	5	26	54,93
	0,65	0,65	3,5	65	96,12
	0,65	0,65	3	5	6,34
Dinding Geser	5,65	0,35	3,75	2	14,83
	4,2	0,35	3,75	4	22,05
	5,65	0,35	5	2	19,78
	4,2	0,35	5	4	29,40
	5,65	0,35	3,5	5	34,61
	4,2	0,35	3,5	10	51,45
	5,65	0,35	3	1	5,93
	4,2	0,35	3	2	8,82

Balok	7,8	0,35	0,5	63	86,00
	3	0,35	0,5	19	9,98
	2,7	0,35	0,5	10	4,73
	6,65	0,35	0,5	20	23,28
	6	0,35	0,5	10	10,50
	4,2	0,35	0,5	10	7,35
Total					527,26

#### 4. 14. 2 Perhitungan Volume Tulangan

Perhitungan volume tulangan dilakukan hanya pada portal 7 dan portal C dimana dilakukan analisa pendetailan tulangan. Rekapitulasi perhitungan volume disajikan dalam tabel berikut ini. Sedangkan perincian perlantai dilampirkan dalam lampiran.

Tabel 4. 63 Rekapitulasi Volume Tulangan Sistem Ganda

Komponen	Tulangan	Volume (m3)	Volume (kg)
Balok	Longitudinal	2,84	22274
	Transversal	73,32	575567
Kolom	Longitudinal	2,47	19387
	Transversal	3,88	30462
Dinding Geser	Longitudinal	3,33	26116
	Transversal	1,21	9460
Total			683266

Tabel 4. 64 Rekapitulasi Volume Tulangan Sistem Rangka Gedung

Komponen	Tulangan	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume (kg)
Balok	Longitudinal	2,01	15762
	Transversal	80,44	631471
Kolom	Longitudinal	1,85	14540
	Transversal	3,36	26389
Dinding Geser	Longitudinal	2,93	22979
	Transversal	0,49	3849
Total			714990

#### 4.14.3 Rekapitulasi Perhitungan Volume

Tabel 4. 65 Rekapitulasi Volume Portal 7 & Portal C

Sistem Struktur	Volume Beton (m <sup>3</sup> )	Volume Tulangan (ton)	Rasio (ton/m <sup>3</sup> )
Sistem Ganda	616,35	683,266	1,109
Sistem Rangka Gedung	527,26	714,990	1,356



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa struktur dan perhitungan volume yang dijabarkan pada bab 4, dapat disimpulkan beberapa hal dalam perbandingan sistem ganda dengan sistem rangka gedung. Hasil rekapitulasi perbandingan akan disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Perbandingan Sistem Struktur

	Sistem Ganda	Sistem Rangka Gedung
Drift	88,55 mm	56 mm
Kolom	75 x 75 cm	65 x 65 cm
	16D22	16D22
	4D13-100 4D13-130	4D13-100 4D13-130
Balok Induk	40 x 60	35 x 50
	7D19 4D19 7D19	5D19 3D19 6D19
	4D19 4D19 4D19	3D19 4D19 3D19
	2D10-100 2D10-250	2D10-80
Dinding Struktur	35 cm	35 cm
	D22-150	D22-150
	2D13-100	4D13-250 2D13-250
Volume Beton	616,35 m <sup>3</sup>	527,26 m <sup>3</sup>
Volume Tulangan	683,266 ton	714,990 ton
Rasio	1,109	1,356

1. Dari hasil pemodelan struktur didapatkan dimensi untuk balok kolom pada sistem rangka gedung lebih kecil dibandingkan sistem ganda. Hal ini dikarenakan balok

dan kolom pada sistem rangka gedung bukan merupakan elemen penahan gaya lateral akibat gempa. Selain itu dapat dilihat drift sistem rangka gedung lebih kecil daripada dikarenakan sistem struktur tersebut lebih kaku

2. Dari hasil perhitungan tulangan didapatkan tulangan balok sistem rangka gedung memiliki jarak sengkang yang lebih kecil akibat torsi. Sedangkan untuk tulangan kolom, sistem ganda memiliki tulangan yang lebih besar dikarenakan dimensi beton yang lebih besar. Kemudian untuk dinding geser kedua sistem memiliki tulangan longitudinal yang sama, namun jarak sengkang yang berbeda.
3. Dari hasil volume beton sistem rangka gedung memiliki nilai yang lebih kecil, namun pada volume tulangan sistem rangka gedung lebih besar. Sehingga perbandingan dilakukan dengan rasio tulangan. Dari rasio tulangan dapat disimpulkan bahwa sistem ganda memiliki rasio tulangan yang lebih kecil sehingga lebih optimal digunakan pada gedung tinjauan.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan, maka disarankan beberapa hal yaitu:

1. Perbandingan dapat lebih akurat dilakukan dengan menggunakan dimensi yang lebih optimal.
2. Perbandingan dapat lebih akurat bila dilakukan perhitungan volume seluruh elemen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)**. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)**. Jakarta: Standar Nasional Indonesia.
- Mc.Cormac, Jack. 2005. **Design of Reinforced Concrete**. New York: John Willey & Sons.Inc.
- Moehle, Jack.P, Tony Ghodsi, John D. Hooper, David C. Fields, Rajnikanth Gedhada . 2012. **Seismic Design of Cast-in-Place Concrete Special Structural Walls and Coupling Beams: A Guide for Practicing Engineers**. USA: National Institute of Standards and Technology
- Murty, C.V.R. 2011. **Eathquake Tip 23: Why Are Buildings with Shear Walls Preferred in Seismisc Regions**. Kanpur: Indian Institute of Technology Kanpur
- Purwono, Rahmat. 2005. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya: ITS Press
- Tumilar, Steffie. 2006. **Pelatihan Perencanaan Struktur Bangunan Tinggi**. Jakarta: PT.Arkonin.

Penulangan Balok Sistem Ganda

Lantai	Posisi	7 A-B			7 B-C			7 C-D			7 D-E		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
1	atas	8D19	3D19	8D19	8D19	3D19	7D19	6D19	3D19	7D19	4D19	3D19	6D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	3D19	4D19	3D19	5D19	3D19	5D19	3D19	3D19	3D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100
2	atas	9D19	3D19	9D19	10D19	3D19	10D19	9D19	3D19	12D19	6D19	3D19	7D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	3D19	4D19	3D19	9D19	3D19	8D19	3D19	3D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-70	2ø10-250	2ø10-70	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100
3	atas	11D19	4D19	10D19	11D19	4D19	11D19	10D19	3D19	13D19	8D19	3D19	9D19
	bawah	4D19	4D19	5D19	5D19	4D19	4D19	12D19	3D19	8D19	4D19	3D19	5D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-60	2ø10-250	2ø10-60	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
4	atas	11D19	4D19	10D19	11D19	4D19	11D19	11D19	4D19	13D19	9D19	4D19	10D19
	bawah	5D19	4D19	5D19	5D19	4D19	5D19	13D19	4D19	9D19	5D19	4D19	7D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-60	2ø10-250	2ø10-60	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
5	atas	11D19	4D19	10D19	11D19	4D19	11D19	11D19	4D19	13D19	9D19	4D19	10D19
	bawah	5D19	4D19	5D19	5D19	4D19	5D19	14D19	4D19	8D19	5D19	4D19	7D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-60	2ø10-250	2ø10-60	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
6	atas	11D19	4D19	10D19	10D19	4D19	11D19	10D19	4D19	13D19	9D19	4D19	10D19
	bawah	5D19	4D19	5D19	5D19	4D19	4D19	13D19	4D19	8D19	5D19	4D19	7D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-60	2ø10-250	2ø10-60	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
7	atas	10D19	4D19	9D19	9D19	3D19	10D19	9D19	3D19	12D19	9D19	4D19	9D19
	bawah	4D19	4D19	5D19	4D19	3D19	4D19	12D19	3D19	7D19	4D19	4D19	7D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-60	2ø10-250	2ø10-60	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
8	atas	10D19	4D19	9D19	10D19	4D19	10D19	9D19	3D19	12D19	9D19	4D19	9D19
	bawah	4D19	4D19	5D19	5D19	4D19	4D19	12D19	3D19	7D19	4D19	4D19	6D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-70	2ø10-250	2ø10-70	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80
9	atas	9D19	4D19	7D19	8D19	4D19	9D19	8D19	4D19	11D19	9D19	4D19	8D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	4D19	4D19	4D19	11D19	4D19	6D19	4D19	4D19	6D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100
10	atas							7D19	4D19	6D19	6D19	4D19	6D19
	bawah							10D19	4D19	4D19	4D19	4D19	6D19
	Sengkang							2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100



Penulangan Balok Sistem Ganda

Lantai	Posisi	C 6-7			C 8-9			C 9-10			C 10-11		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
1	atas	8D19	3D19	7D19	6D19	3D19	6D19	6D19	3D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	5D19	3D19	6D19	3D19	3D19	3D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
2	atas	9D19	3D19	9D19	8D19	3D19	8D19	7D19	3D19	7D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	7D19	3D19	8D19	3D19	3D19	3D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
3	atas	9D19	4D19	9D19	8D19	3D19	9D19	8D19	3D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	11D19	3D19	11D19	3D19	3D19	3D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
4	atas	8D19	4D19	9D19	10D19	4D19	11D19	10D19	4D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	14D19	4D19	13D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
5	atas	8D19	4D19	10D19	14D19	4D19	11D19	10D19	4D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	13D19	4D19	13D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
6	atas	8D19	4D19	9D19	13D19	4D19	10D19	10D19	4D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	9D19	4D19	12D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
7	atas	8D19	4D19	10D19	12D19	3D19	8D19	10D19	3D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	7D19	3D19	12D19	3D19	3D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
8	atas	8D19	4D19	9D19	12D19	4D19	8D19	10D19	4D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	7D19	4D19	11D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-80	2ø10-250	2ø10-80	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
9	atas	6D19	4D19	8D19	11D19	4D19	7D19	10D19	4D19	8D19	4D19	4D19	4D19
	bawah	4D19	4D19	4D19	7D19	4D19	11D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-250	2ø10-90	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100
10	atas				9D19	4D19	9D19	7D19	4D19	6D19	4D19	4D19	4D19
	bawah				6D19	4D19	6D19	4D19	4D19	5D19	4D19	4D19	4D19
	Sengkang				2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100







Penulangan Balok Sistem Rangka Gedung

Lantai	Posisi	C 6-7			C 8-9			C 9-10			C 10-11		
		Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
1	atas	7D19	3D19	7D19	2D19	2D19	2D19	4D19	2D19	4D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	2D19	2D19	2D19	3D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
2	atas	7D19	3D19	7D19	3D19	2D19	2D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
3	atas	6D19	3D19	6D19	4D19	2D19	2D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	2D19	2D19	3D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
4	atas	6D19	3D19	6D19	5D19	2D19	4D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	2D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
5	atas	6D19	3D19	6D19	6D19	2D19	4D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	2D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
6	atas	6D19	3D19	6D19	6D19	2D19	4D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	2D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
7	atas	6D19	3D19	6D19	5D19	2D19	4D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	2D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-90	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
8	atas	6D19	3D19	6D19	5D19	2D19	2D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	4D19	2D19	3D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-150	2ø10-150	2ø10-150	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200
9	atas	5D19	3D19	5D19	5D19	2D19	2D19	5D19	2D19	5D19	2D19	2D19	2D19
	bawah	3D19	4D19	3D19	3D19	2D19	3D19	2D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-100	2ø10-250	2ø10-250	2ø10-250
10	atas				5D19	2D19	2D19	4D19	2D19	4D19	2D19	2D19	2D19
	bawah				3D19	2D19	3D19	3D19	3D19	2D19	2D19	2D19	2D19
	Sengkang				2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-200	2ø10-250	2ø10-250	2ø10-250

Volume Tulangan Longitudinal Balok SG

Lantai 1

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
7 B-C	tumpuan	5957	3,525	0,020997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
7 C-D	tumpuan	6523,786	1,725	0,011254
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	4821,929	1,125	0,005425
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	7091,071	3,525	0,024996
	lapangan	2836,429	3,525	0,009998
C 5-6	tumpuan	5956,5	3,525	0,020997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 6-7	tumpuan	5956,5	3,525	0,020997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	6523,786	0,975	0,006361
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	4821,929	2,95	0,014225
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,281438

Lantai 2

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
7 B-C	tumpuan	7375	3,525	0,025996
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
7 C-D	tumpuan	10778,43	1,725	0,018593
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	5672,857	2,625	0,014891
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	3971	1,125	0,004467
	lapangan	1701,857	1,125	0,001915
C 2-3	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 3-4	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 4-5	tumpuan	4821,929	3,525	0,016997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 5-6	tumpuan	6523,786	3,525	0,022996
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 6-7	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	8792,929	0,975	0,008573
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	5672,857	2,95	0,016735
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,285884

Volume Tulangan Longitudinal Balok SG

Lantai 3

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	7658,357	3,525	0,026996
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 B-C	tumpuan	7942	3,525	0,027996
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 C-D	tumpuan	12196,64	1,725	0,021039
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7374,714	2,625	0,019359
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	3971	1,125	0,004467
	lapangan	1701,857	1,125	0,001915
C 2-3	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 3-4	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 4-5	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	11062,07	0,975	0,010786
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	6240,143	2,95	0,018408
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,294684

Lantai 4

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	7658,357	3,525	0,026996
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 B-C	tumpuan	8226	3,525	0,028995
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 C-D	tumpuan	12196,64	1,725	0,021039
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7658,357	2,625	0,020103
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	3971	1,125	0,004467
	lapangan	1701,857	1,125	0,001915
C 2-3	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 3-4	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 4-5	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	5956,5	3,525	0,020997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	12763,93	0,975	0,012445
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	6807,429	2,95	0,020082
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,298761

Volume Tulangan Longitudinal Balok SG

Lantai 5

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	8792,929	3,525	0,030995
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 B-C	tumpuan	9077	3,525	0,031995
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 C-D	tumpuan	13047,57	1,725	0,022507
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7942	2,625	0,020848
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	5105,571	1,125	0,005744
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	7374,714	3,525	0,025996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	7091,071	3,525	0,024996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	6523,786	3,525	0,022996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	13614,86	0,975	0,013274
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	6807,429	2,95	0,020082
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,337712

Lantai 6

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	8792,929	3,525	0,030995
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 B-C	tumpuan	8509	3,525	0,029995
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 C-D	tumpuan	12480,29	1,725	0,021528
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7942	2,625	0,020848
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	4821,929	1,125	0,005425
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	7091,071	3,525	0,024996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	7091,071	3,525	0,024996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	6523,786	3,525	0,022996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	11345,71	0,975	0,011062
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	7374,714	2,95	0,021755
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,332876

Volume Tulangan Longitudinal Balok SG

Lantai 7

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	7942	3,525	0,027996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 B-C	tumpuan	7658	3,525	0,026996
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 C-D	tumpuan	11345,71	1,725	0,019571
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7658,357	2,625	0,020103
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	4821,929	1,125	0,005425
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	11062,07	0,975	0,010786
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	7374,714	2,95	0,021755
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,3189

Lantai 8

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	7942	3,525	0,027996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 B-C	tumpuan	8226	3,525	0,028995
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 C-D	tumpuan	11629,36	1,725	0,020061
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7091,071	2,625	0,018614
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	9643,857	0,975	0,009403
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	6523,786	2,95	0,019245
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,316687

Volume Tulangan Longitudinal Balok SG

Lantai 9

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	6807,429	3,525	0,023996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 B-C	tumpuan	7091	3,525	0,024996
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
7 C-D	tumpuan	10494,79	1,725	0,018104
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	7091,071	2,625	0,018614
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 1-2	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
C 2-3	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	5956,5	3,525	0,020997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4821,929	3,525	0,016997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 6-7	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
C 8-9	tumpuan	9076,571	0,975	0,00885
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	6523,786	2,95	0,019245
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,29518

Lantai 10

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 C-D	tumpuan	7658,357	1,725	0,013211
	lapangan	1701,857	1,725	0,002936
7 D-E	tumpuan	6240,143	2,625	0,01638
	lapangan	1701,857	2,625	0,004467
C 8-9	tumpuan	7374,714	0,975	0,00719
	lapangan	1701,857	0,975	0,001659
C 9-10	tumpuan	5672,857	2,95	0,016735
	lapangan	1701,857	2,95	0,00502
C 10-11	tumpuan	4538,286	1,125	0,005106
	lapangan	2269,143	1,125	0,002553
Total				0,075258

Volume Tulangan Sengkang Balok SG

Lantai 1

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	100	18	0,25434
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	100	28	0,39564
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	100	10	0,1413
	lapangan	100	10	0,1413
C 9-10	tumpuan	100	30	0,4239
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				8,03997

Lantai 2

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	100	18	0,25434
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	100	28	0,39564
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	90	12	0,16956
	lapangan	90	11	0,15543
C 9-10	tumpuan	90	34	0,48042
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,94106



Volume Tulangan Sengkang Balok SG

Lantai 3

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	70	26	0,36738
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	100	28	0,39564
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	90	12	0,16956
	lapangan	90	11	0,15543
C 9-10	tumpuan	90	34	0,48042
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,82802

Lantai 4

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	60	30	0,4239
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	80	34	0,48042
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	80	14	0,19782
	lapangan	80	13	0,18369
C 9-10	tumpuan	80	38	0,53694
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,96932

Volume Tulangan Sengkang Balok SG

Lantai 5

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	60	30	0,4239
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	80	34	0,48042
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	80	14	0,19782
	lapangan	80	13	0,18369
C 9-10	tumpuan	80	38	0,53694
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,96932

Lantai 6

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	60	30	0,4239
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	80	34	0,48042
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	80	14	0,19782
	lapangan	80	13	0,18369
C 9-10	tumpuan	80	38	0,53694
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,96932

Volume Tulangan Sengkang Balok SG

Lantai 7

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	60	30	0,4239
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	80	34	0,48042
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	80	14	0,19782
	lapangan	80	13	0,18369
C 9-10	tumpuan	80	38	0,53694
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,96932

Lantai 8

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	70	26	0,36738
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	80	34	0,48042
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	80	14	0,19782
	lapangan	80	13	0,18369
C 9-10	tumpuan	80	38	0,53694
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,9128

Volume Tulangan Sengkang Balok SG

Lantai 9

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 B-C	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
7 C-D	tumpuan	100	18	0,25434
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	100	28	0,39564
	lapangan	250	11	0,15543
C 1-2	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
C 2-3	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 3-4	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 4-5	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 5-6	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 6-7	tumpuan	100	36	0,50868
	lapangan	250	15	0,21195
C 8-9	tumpuan	90	12	0,16956
	lapangan	90	11	0,15543
C 9-10	tumpuan	90	34	0,48042
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				7,60194

Lantai 10

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 C-D	tumpuan	100	18	0,25434
	lapangan	250	7	0,09891
7 D-E	tumpuan	100	28	0,39564
	lapangan	250	11	0,15543
C 8-9	tumpuan	100	10	0,1413
	lapangan	100	10	0,1413
C 9-10	tumpuan	100	30	0,4239
	lapangan	250	12	0,16956
C 10-11	tumpuan	100	12	0,16956
	lapangan	100	12	0,16956
Total				2,1195

Volume Penulangan Longitudinal Balok SRG

Lantai 1

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 B-C	tumpuan	4538	3,525	0,015997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 C-D	tumpuan	3120,071	1,725	0,005382
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	3403,714	2,625	0,008935
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	4821,929	3,525	0,016997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	6240,143	3,525	0,021997
	lapangan	2836,429	3,525	0,009998
C 5-6	tumpuan	5389,214	3,525	0,018997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 6-7	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	2269,143	0,975	0,002212
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3687,357	2,95	0,010878
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,221263

Lantai 2

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 B-C	tumpuan	5106	3,525	0,017997
	lapangan	1701,857	3,525	0,005999
7 C-D	tumpuan	4538,286	1,725	0,007829
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	3687,357	2,625	0,009679
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 6-7	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	2552,786	0,975	0,002489
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,225567

Volume Penulangan Longitudinal Balok SRG

Lantai 3

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	5389,214	1,725	0,009296
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1418,214	2,625	0,003723
C 1-2	tumpuan	2552,786	1,125	0,002872
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 6-7	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	3120,071	0,975	0,003042
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,231885

Lantai 4

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	5956,5	1,725	0,010275
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2836,429	1,125	0,003191
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 3-4	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	5672,857	3,525	0,019997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 6-7	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 8-9	tumpuan	4254,643	0,975	0,004148
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,233544

Volume Penulangan Longitudinal Balok SRG

Lantai 5

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	5956,5	1,725	0,010275
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2836,429	1,125	0,003191
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 6-7	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 8-9	tumpuan	4538,286	0,975	0,004425
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,213824

Lantai 6

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	5956,5	1,725	0,010275
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2836,429	1,125	0,003191
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 6-7	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 8-9	tumpuan	4538,286	0,975	0,004425
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,213824

Volume Penulangan Longitudinal Balok SRG

Lantai 7

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	4538,286	1,725	0,007829
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2836,429	1,125	0,003191
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 6-7	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 8-9	tumpuan	4254,643	0,975	0,004148
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,210101

Lantai 8

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	4254,643	1,725	0,007339
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	4538,286	2,625	0,011913
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2836,429	1,125	0,003191
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 6-7	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 8-9	tumpuan	3971	0,975	0,003872
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,209336



Volume Penulangan Longitudinal Balok SRG

Lantai 9

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 A-B	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 B-C	tumpuan	4822	3,525	0,016997
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
7 C-D	tumpuan	4254,643	1,725	0,007339
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	3971	2,625	0,010424
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 1-2	tumpuan	2552,786	1,125	0,002872
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
C 2-3	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 3-4	tumpuan	4538,286	3,525	0,015997
	lapangan	1985,5	3,525	0,006999
C 4-5	tumpuan	5105,571	3,525	0,017997
	lapangan	2269,143	3,525	0,007999
C 5-6	tumpuan	4254,643	3,525	0,014998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 6-7	tumpuan	3971	3,525	0,013998
	lapangan	1418,214	3,525	0,004999
C 8-9	tumpuan	3403,714	0,975	0,003319
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3971	2,95	0,011714
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,204975

Lantai 10

Balok	Posisi	As	Panjang	Volume
7 C-D	tumpuan	2836,429	1,725	0,004893
	lapangan	1134,571	1,725	0,001957
7 D-E	tumpuan	3971	2,625	0,010424
	lapangan	1134,571	2,625	0,002978
C 8-9	tumpuan	4254,643	0,975	0,004148
	lapangan	1134,571	0,975	0,001106
C 9-10	tumpuan	3403,714	2,95	0,010041
	lapangan	1418,214	2,95	0,004184
C 10-11	tumpuan	2269,143	1,125	0,002553
	lapangan	1134,571	1,125	0,001276
Total				0,04356

Volume Penulangan Sengkang Balok SRG

Lantai 1

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 B-C	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 C-D	tumpuan	200	10	0,1413
	lapangan	200	9	0,12717
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 3-4	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 5-6	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 6-7	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				7,4889

Lantai 2

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 3-4	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 5-6	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 6-7	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				7,72911

Volume Penulangan Sengkang Balok SRG

Lantai 3

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	120	30	0,4239
	lapangan	120	30	0,4239
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 3-4	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 5-6	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 6-7	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				8,06823

Lantai 4

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 3-4	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 4-5	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 5-6	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 6-7	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	90	40	0,5652
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				9,02907

Volume Penulangan Sengkang Balok SRG

Lantai 5

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 3-4	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 4-5	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 5-6	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 6-7	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	90	40	0,5652
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				9,80622

Lantai 6

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 3-4	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 4-5	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 5-6	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 6-7	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	90	40	0,5652
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				9,97578

Volume Penulangan Sengkang Balok SRG

Lantai 7

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 3-4	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 4-5	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 5-6	tumpuan	70	52	0,73476
	lapangan	70	51	0,72063
C 6-7	tumpuan	90	40	0,5652
	lapangan	90	40	0,5652
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				9,97578

Lantai 8

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
7 B-C	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 C-D	tumpuan	150	12	0,16956
	lapangan	150	12	0,16956
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 3-4	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 5-6	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 6-7	tumpuan	150	24	0,33912
	lapangan	150	24	0,33912
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				8,67582

Volume Penulangan Sengkang Balok SRG

Lantai 9

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 A-B	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 B-C	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
7 C-D	tumpuan	200	10	0,1413
	lapangan	200	9	0,12717
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 1-2	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
C 2-3	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 3-4	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 4-5	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 5-6	tumpuan	80	46	0,64998
	lapangan	80	45	0,63585
C 6-7	tumpuan	200	18	0,25434
	lapangan	200	18	0,25434
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				8,26605

Lantai 10

Balok	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
7 C-D	tumpuan	200	10	0,1413
	lapangan	200	9	0,12717
7 D-E	tumpuan	200	14	0,19782
	lapangan	200	14	0,19782
C 8-9	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	5	0,07065
C 9-10	tumpuan	200	16	0,22608
	lapangan	200	15	0,21195
C 10-11	tumpuan	200	6	0,08478
	lapangan	200	6	0,08478
Total				1,42713

Volume Penulangan Kolom SG

Lantai	As	Panjang	Jumlah	Volume
Lantai 1	6079,04	3,75	13	0,296353
Lantai 2	6079,04	5	13	0,395138
Lantai 3	6079,04	5	13	0,395138
Lantai 4	6079,04	3,5	13	0,276596
Lantai 5	6079,04	3,5	13	0,276596
Lantai 6	6079,04	3,5	13	0,276596
Lantai 7	6079,04	3,5	13	0,276596
Lantai 8	6079,04	3,5	13	0,276596
Lantai 9	6079,04	3,75	13	0,296353
Lantai 10	6079,04	3	13	0,237083
Total				2,46961

Lantai	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
Lantai 1	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	130	36	0,37153
Lantai 2	lo	90	18	0,185765
	diluar lo	250	28	0,288968
Lantai 3	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	250	28	0,288968
Lantai 4	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	250	16	0,165124
Lantai 5	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	250	16	0,165124
Lantai 6	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	250	16	0,165124
Lantai 7	lo	100	16	0,165124
	diluar lo	250	16	0,165124
Lantai 8	lo	80	20	0,206406
	diluar lo	250	16	0,165124
Lantai 9	lo	80	20	0,206406
	diluar lo	250	18	0,185765
Lantai 10	lo	80	20	0,206406
	diluar lo	250	12	0,123843
Total				3,880424

Volume Penulangan Kolom SRG

Lantai	As	Panjang	Jumlah	Volume
Lantai 1	4559,28	3,75	13	0,222265
Lantai 2	4559,28	5	13	0,296353
Lantai 3	4559,28	5	13	0,296353
Lantai 4	4559,28	3,5	13	0,207447
Lantai 5	4559,28	3,5	13	0,207447
Lantai 6	4559,28	3,5	13	0,207447
Lantai 7	4559,28	3,5	13	0,207447
Lantai 8	4559,28	3,5	13	0,207447
Lantai 9	4559,28	3,75	13	0,222265
Lantai 10	4559,28	3	13	0,177812
Total				1,852208

Lantai	Posisi	jarak sengkang	Jumlah	Volume
Lantai 1	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	130	36	0,32186
Lantai 2	lo	90	18	0,16093
	diluar lo	250	28	0,250336
Lantai 3	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	250	28	0,250336
Lantai 4	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	250	16	0,143049
Lantai 5	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	250	16	0,143049
Lantai 6	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	250	16	0,143049
Lantai 7	lo	100	16	0,143049
	diluar lo	250	16	0,143049
Lantai 8	lo	80	20	0,178811
	diluar lo	250	16	0,143049
Lantai 9	lo	80	20	0,178811
	diluar lo	250	18	0,16093
Lantai 10	lo	80	20	0,178811
	diluar lo	250	12	0,107287
Total				3,36165



Volume Penulangan Dinding Geser SG

Lantai	As	Panjang	Volume
Lantai 1	93218,75	3,75	0,34957
Lantai 2	93218,75	5	0,466094
Lantai 3	93218,75	5	0,466094
Lantai 4	93218,75	3,5	0,326266
Lantai 5	93218,75	3,5	0,326266
Lantai 6	93218,75	3,5	0,326266
Lantai 7	93218,75	3,5	0,326266
Lantai 8	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 9	72188,6	3,75	0,270707
Lantai 10	72188,6	3	0,216566
Total			3,326753

Lantai	As	Jarak Sengkang	Jumlah	Volume
Lantai 1	3849,938	100	38	0,146298
Lantai 2	3849,938	100	50	0,192497
Lantai 3	3849,938	100	50	0,192497
Lantai 4	3849,938	100	35	0,134748
Lantai 5	3849,938	100	35	0,134748
Lantai 6	3849,938	100	35	0,134748
Lantai 7	3849,938	100	35	0,134748
Lantai 8	3849,938	100	35	0,134748
Lantai 9	3849,938	100	38	0,146298
Lantai 10	3849,938	100	30	0,115498
Total				1,205031

Volume Penulangan Dinding Geser SRG

Lantai	As	Panjang	Volume
Lantai 1	93218,75	3,75	0,34957
Lantai 2	93218,75	5	0,466094
Lantai 3	72188,6	5	0,360943
Lantai 4	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 5	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 6	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 7	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 8	72188,6	3,5	0,25266
Lantai 9	72188,6	3,75	0,270707
Lantai 10	72188,6	3	0,216566
Total			2,927181

Lantai	As	Jarak Sengkang	Jumlah	Volume
Lantai 1	3921,577	250	15	0,058824
Lantai 2	3921,577	250	20	0,078432
Lantai 3	3921,577	250	20	0,078432
Lantai 4	3921,577	250	14	0,054902
Lantai 5	3921,577	250	14	0,054902
Lantai 6	3921,577	250	14	0,054902
Lantai 7	3921,577	250	14	0,054902
Lantai 8	3921,577	250	14	0,054902
Lantai 9	3921,577	250	15	0,058824
Lantai 10	3921,577	250	12	0,047059
Total				0,490197



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDULTUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN STRUKTUR  
 RANGKA GEDUNG DENGAN  
 SISTEM GANDA SESUAI SNI  
 1726:2012 DAN SNI  
 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORISON

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 1

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

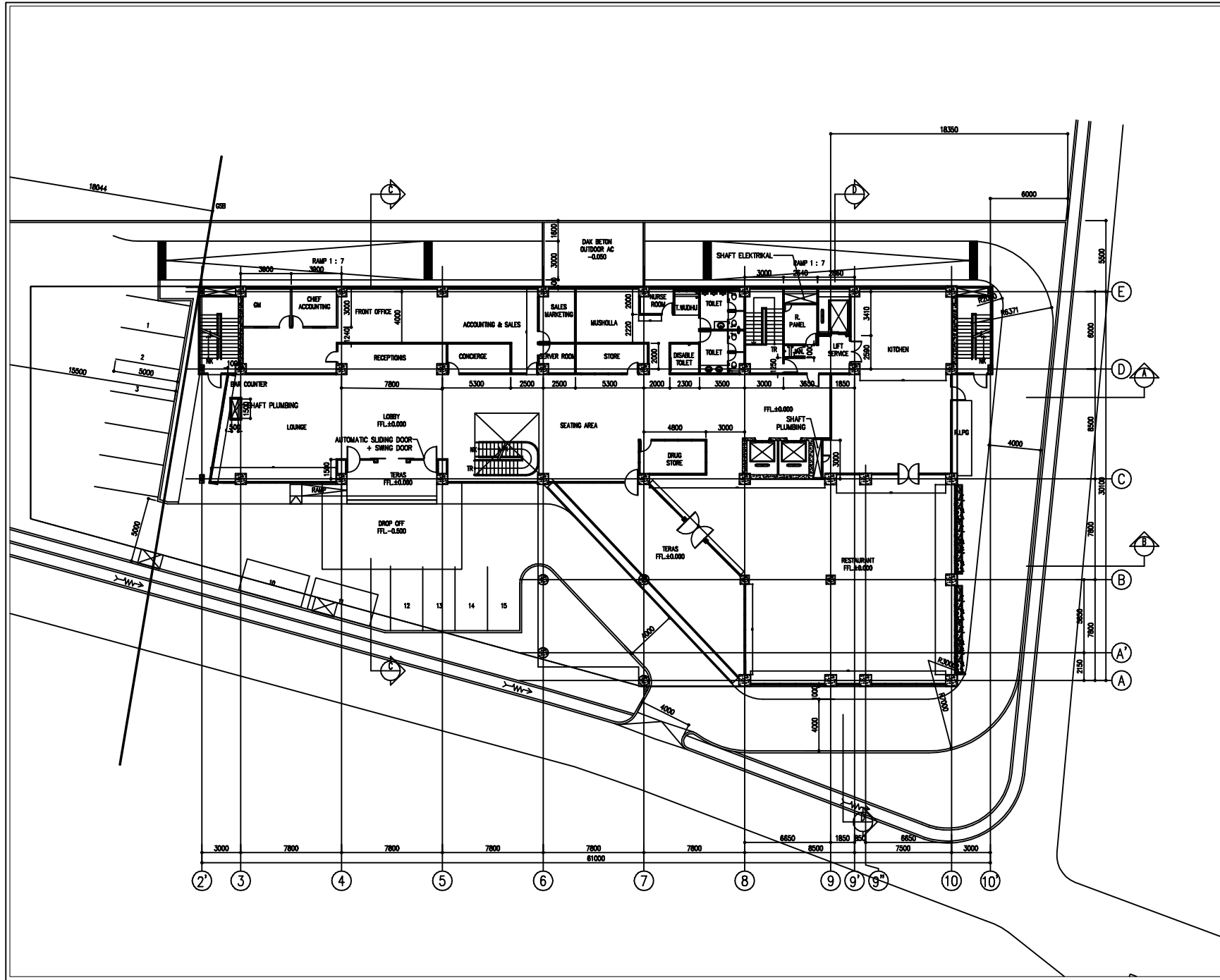
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

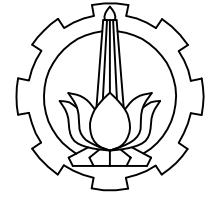
SKALA

1: 400

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDULTUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN MENGGUNAKAN  
 SISTEM RANGKA GEDUNG  
 DENGAN SISTEM GANDA  
 SESUAI SNI 1726:2012 DAN  
 SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORIZON

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 2

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

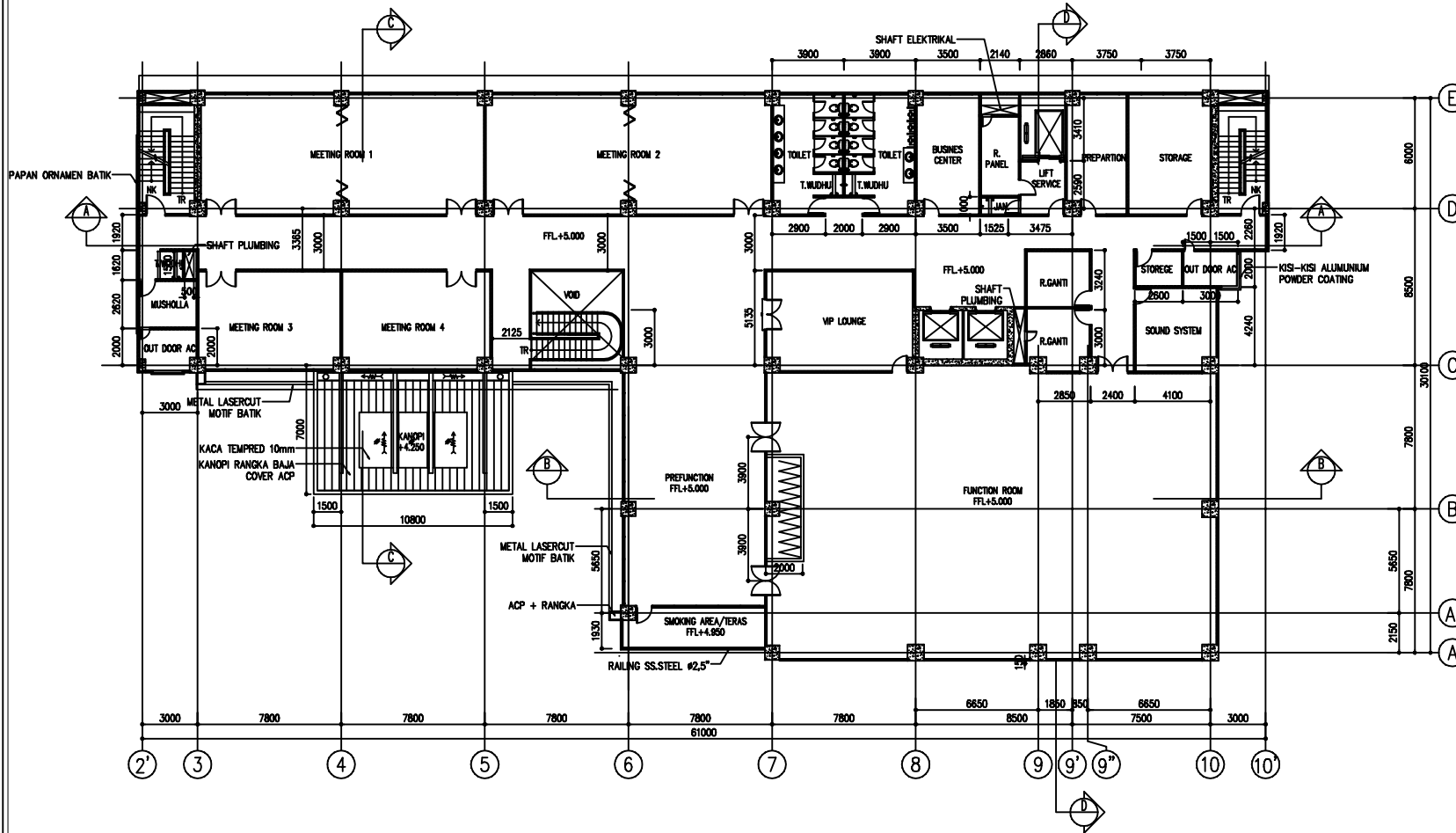
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDULTUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN MENGGUNAKAN  
 SISTEM RANGKA GEDUNG  
 DENGAN SISTEM GANDA  
 SESUAI SNI 1726:2012 DAN  
 SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORIZON

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 3-8

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

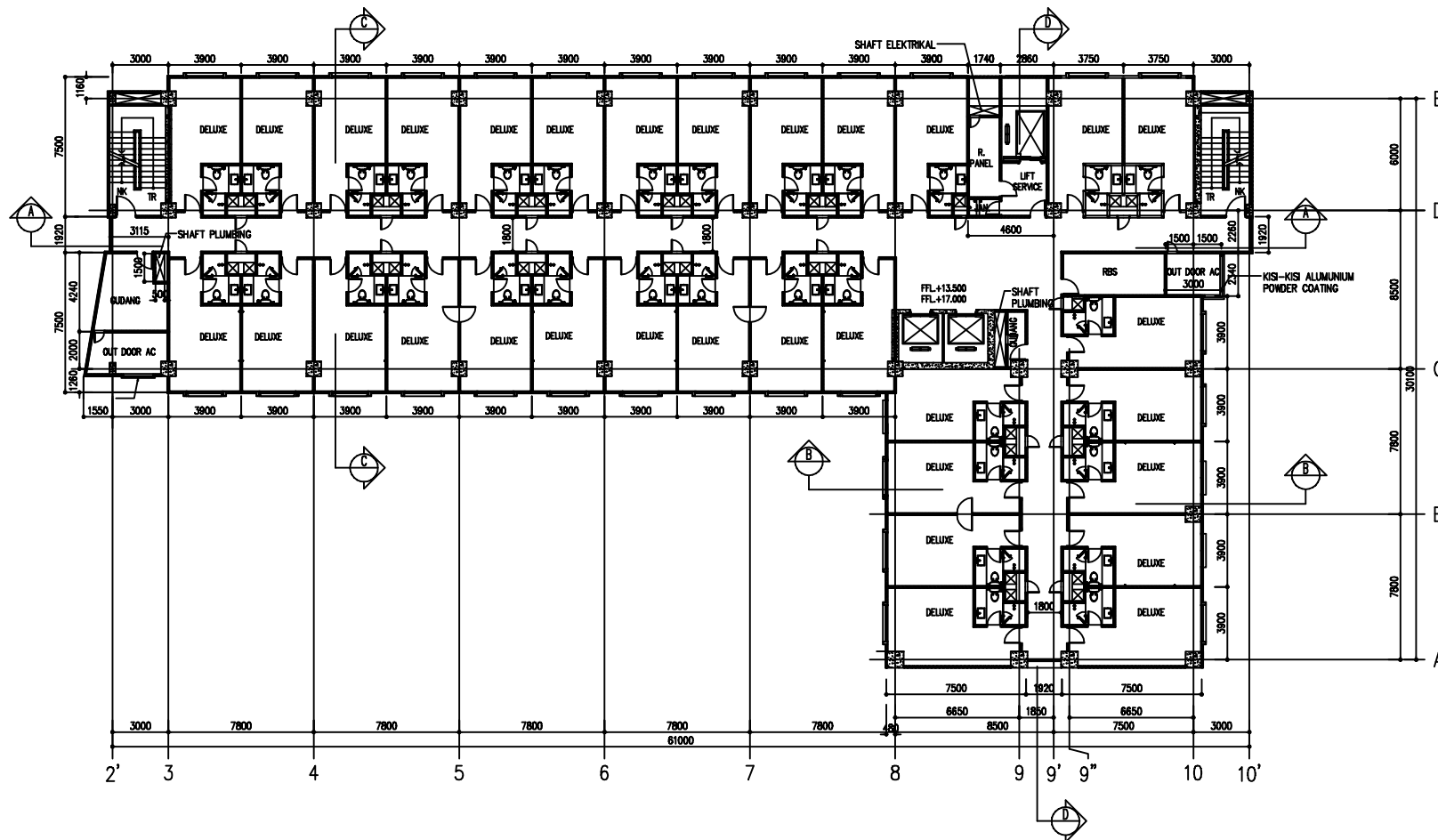
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

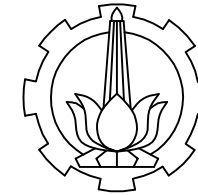
SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDULTUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN MENGGUNAKAN  
 SISTEM RANGKA GEDUNG  
 DENGAN SISTEM GANDA  
 SESUAI SNI 1726:2012 DAN  
 SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORIZON

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

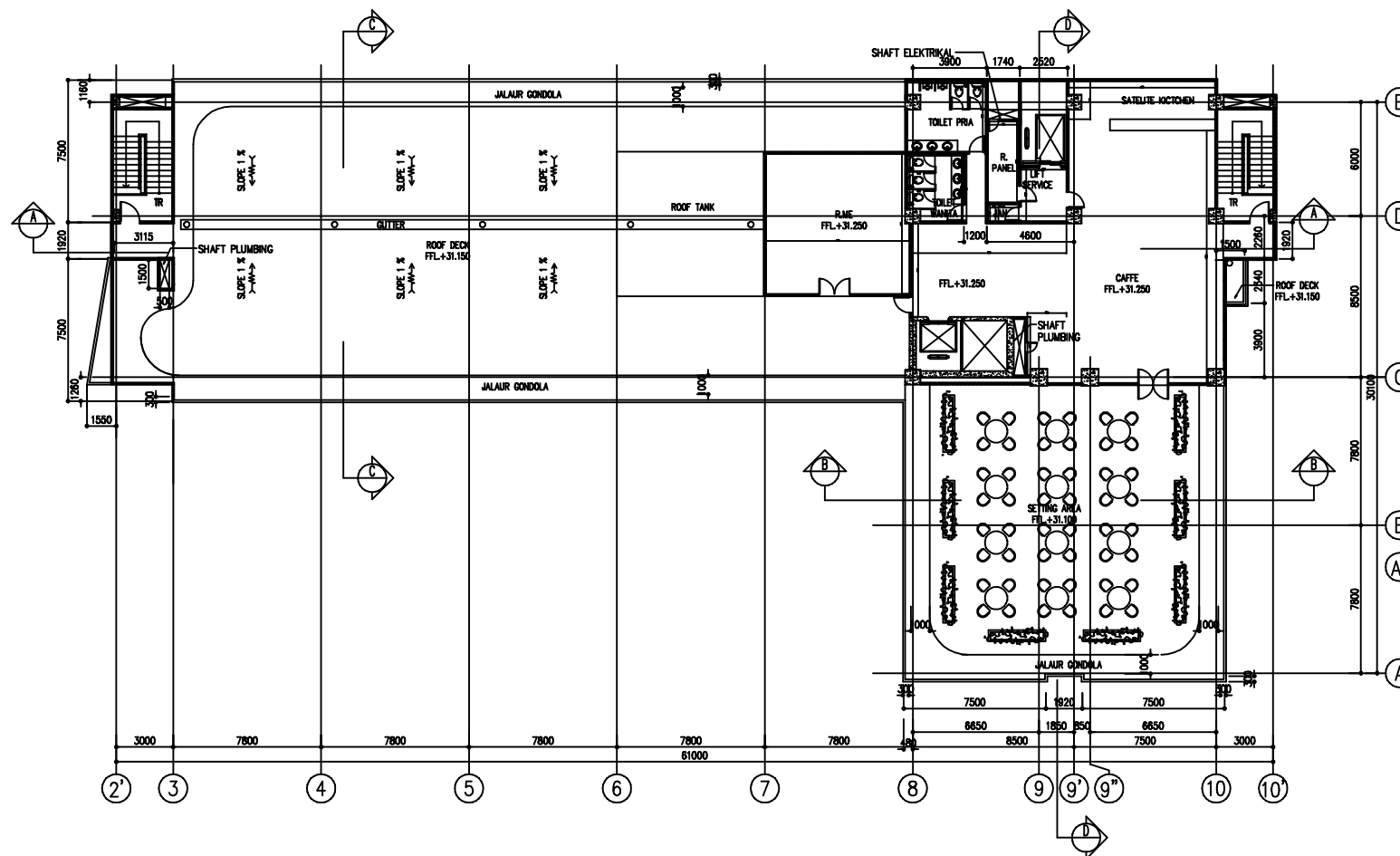
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

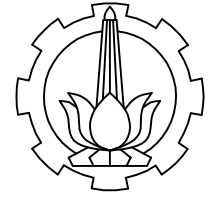
SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDULTUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN MENGGUNAKAN  
 SISTEM RANGKA GEDUNG  
 DENGAN SISTEM GANDA  
 SESUAI SNI 1726:2012 DAN  
 SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORIZON

NAMA GAMBAR

DENAH ATAP

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

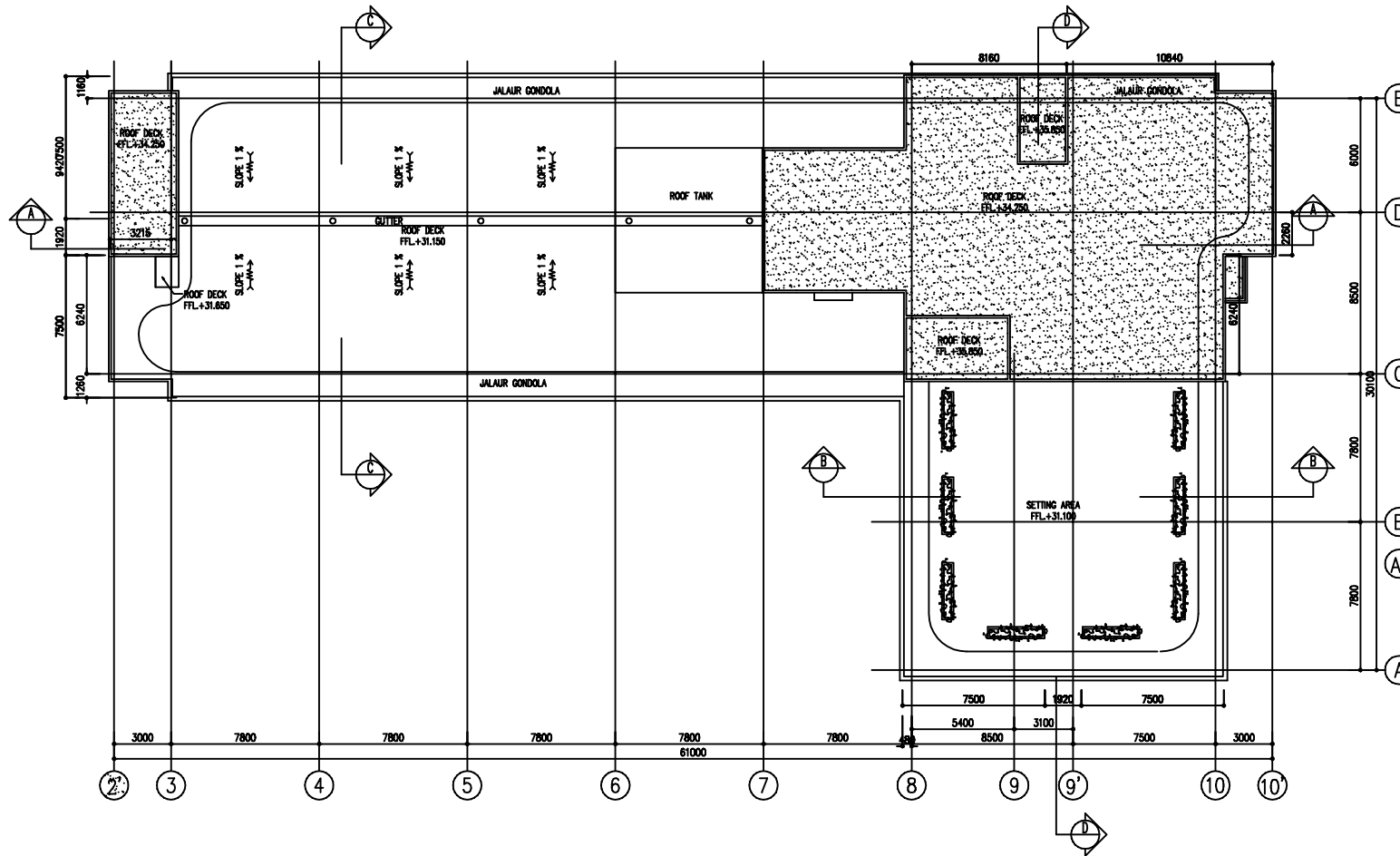
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI  
1726:2012 DAN SNI  
2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DENAH STRUKTUR SISTEM  
GANDA

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

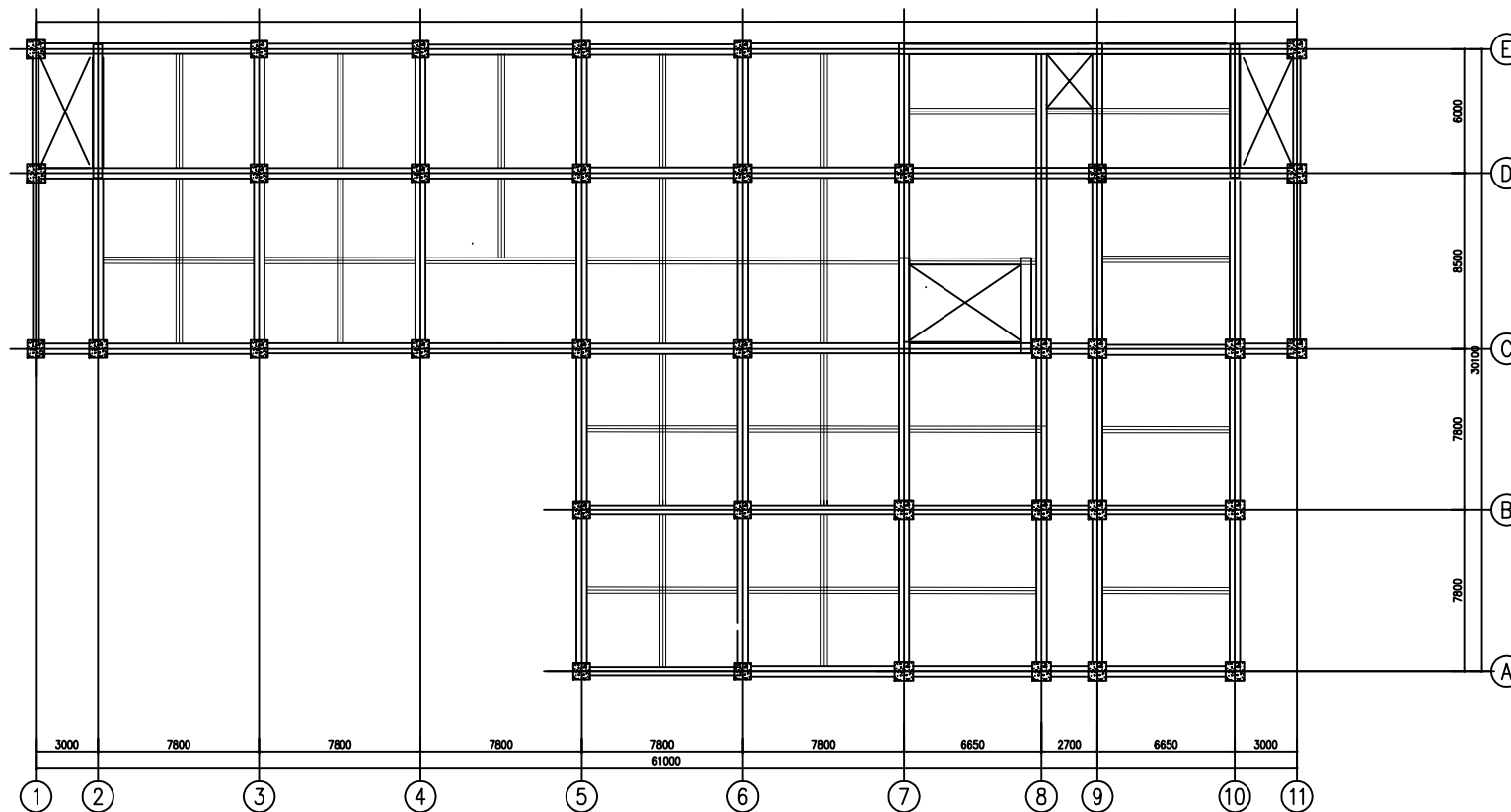
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR







FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI  
1726:2012 DAN SNI  
2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DENAH STRUKTUR SISTEM  
RANGKA GEDUNG

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

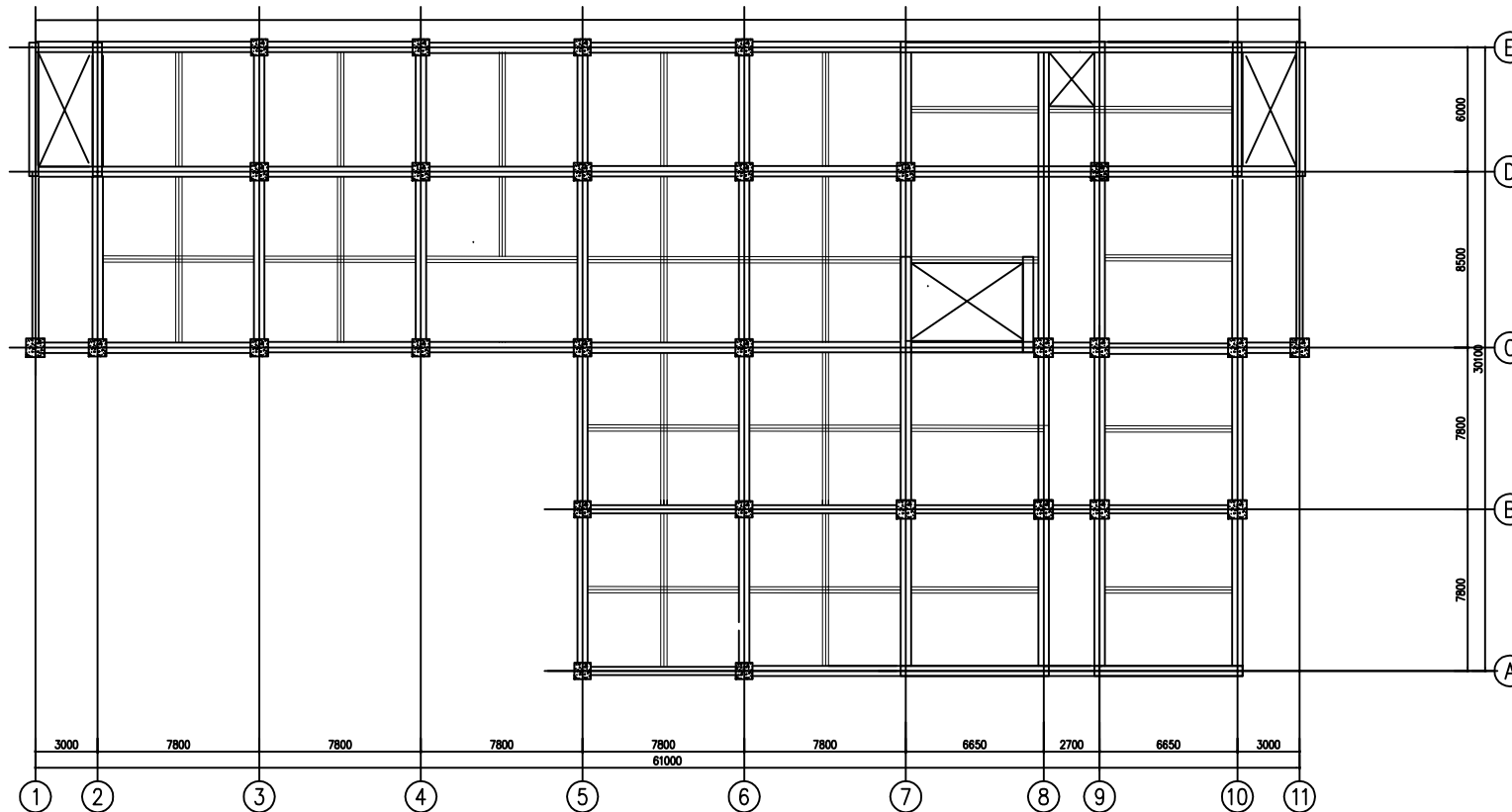
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

SKALA

1: 350

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG DENGAN  
SISTEM GANDA SESUAI SNI  
1726:2012 DAN SNI  
2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

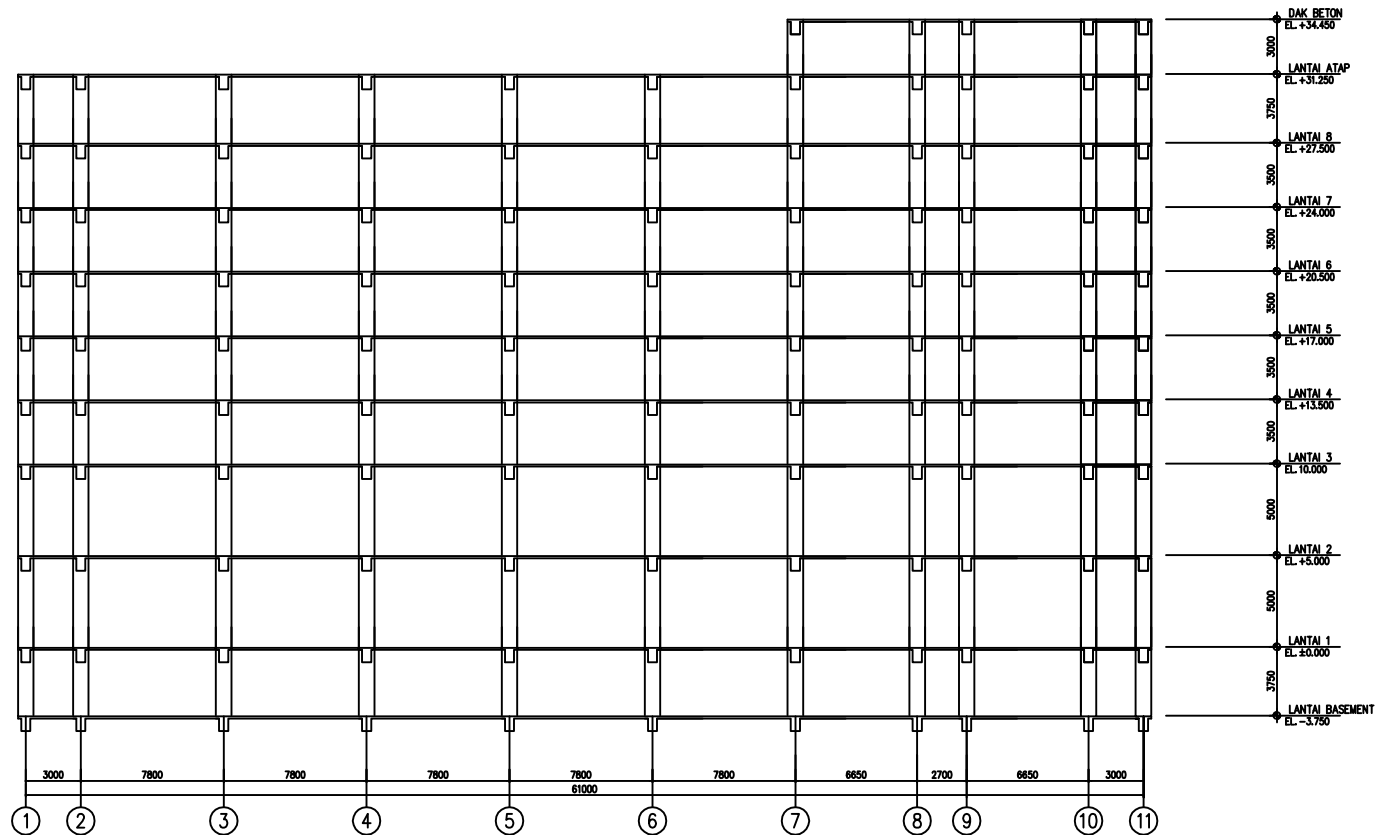
PROF. TAVO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

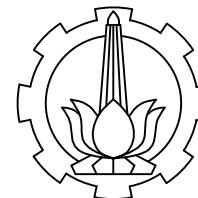
SKALA

1: 400

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
 DESAIN STRUKTUR  
 MENGGUNAKAN SISTEM  
 RANGKA GEDUNG DENGAN  
 SISTEM GANDA SESUAI SNI  
 1726:2012 DAN SNI  
 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
 HORISON

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
 (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

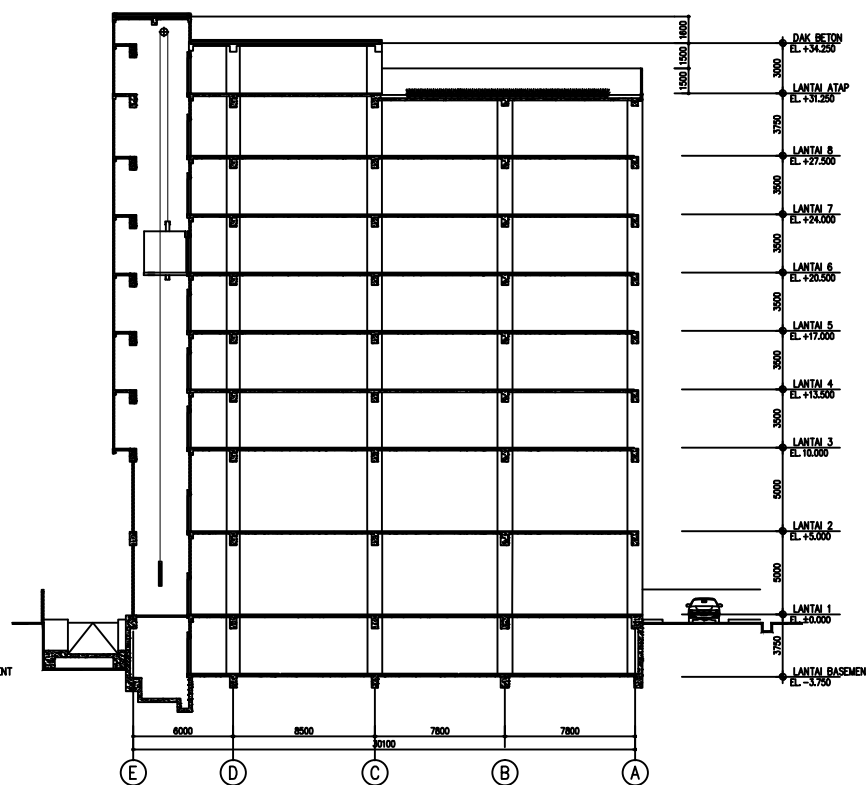
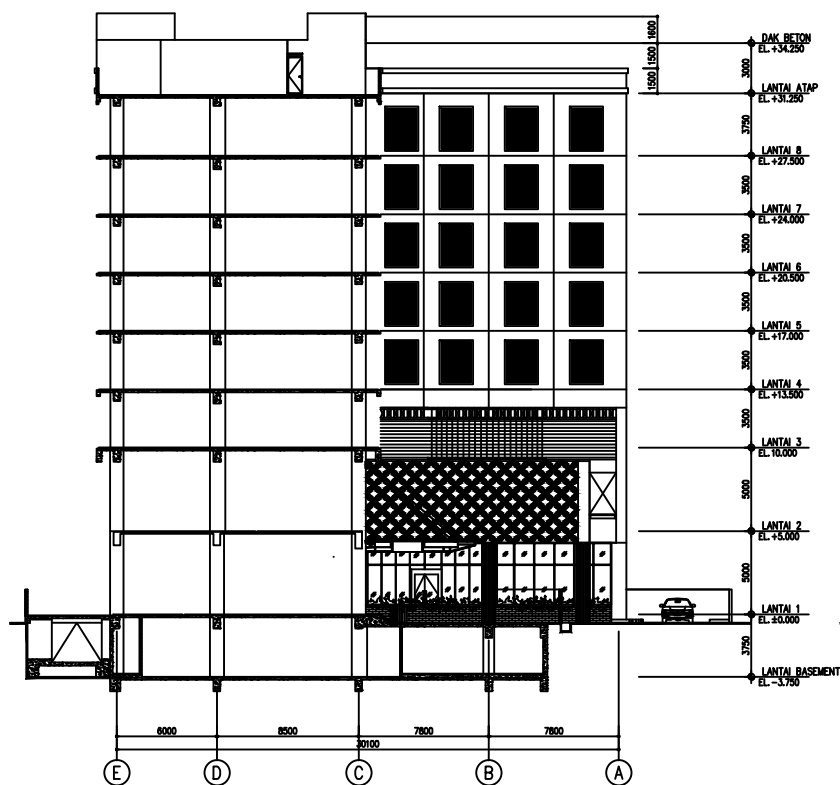
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA.

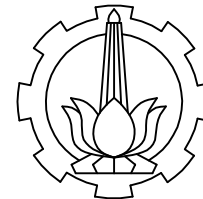
SKALA

1: 450

TANGGAL

NO. GAMBAR





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

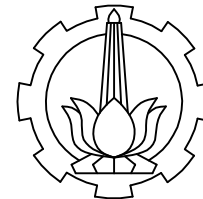
SKALA

1:30

TANGGAL

NO. GAMBAR

BALOK 7 A-B			BALOK 7 B-C		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 8D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 8D19	Tulangan Atas : 8D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 8D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19
Sengkang : 2D10-90	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-90	Sengkang : 2D10-90	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-90
BALOK 7 C-D			BALOK 7 D-E		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 6D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

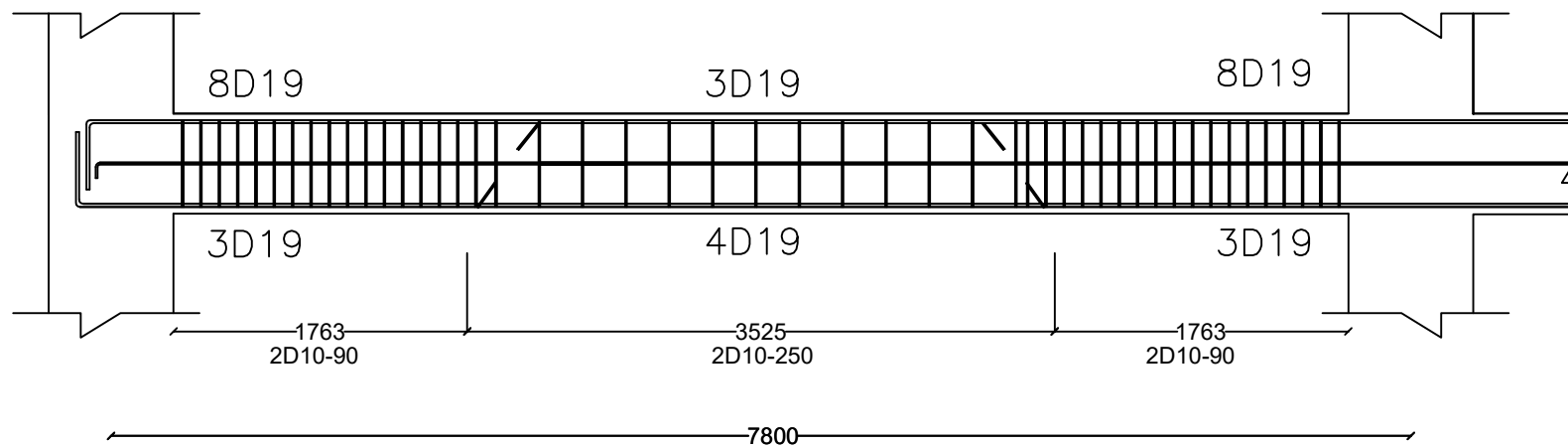
SKALA

1:45

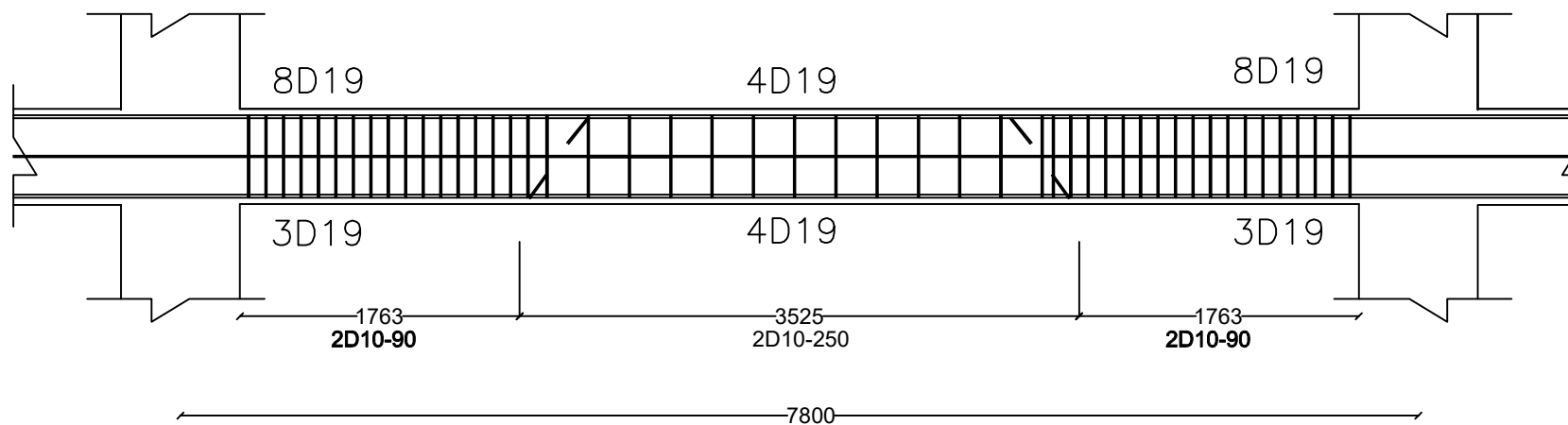
TANGGAL

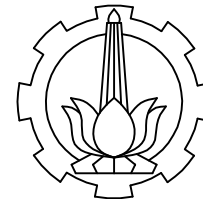
NO. GAMBAR

### BALOK 7 A-B



### BALOK 7 B-C





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

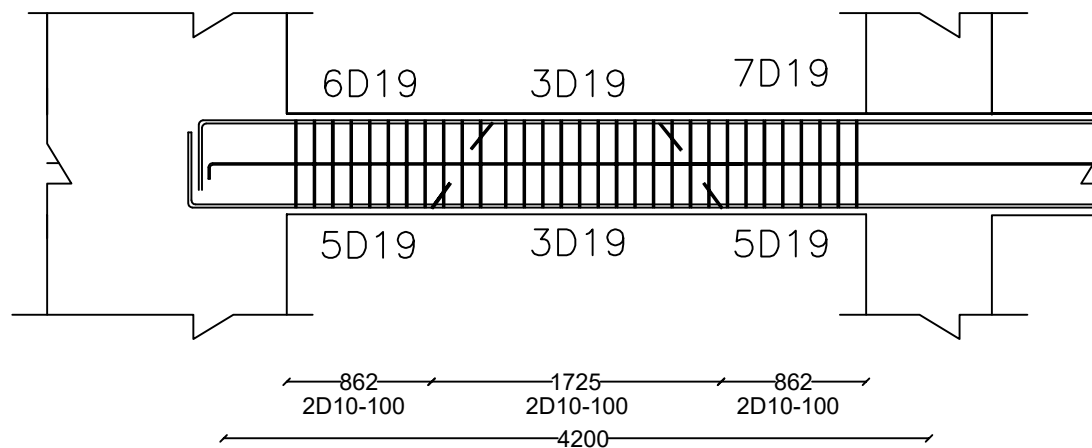
SKALA

1:45

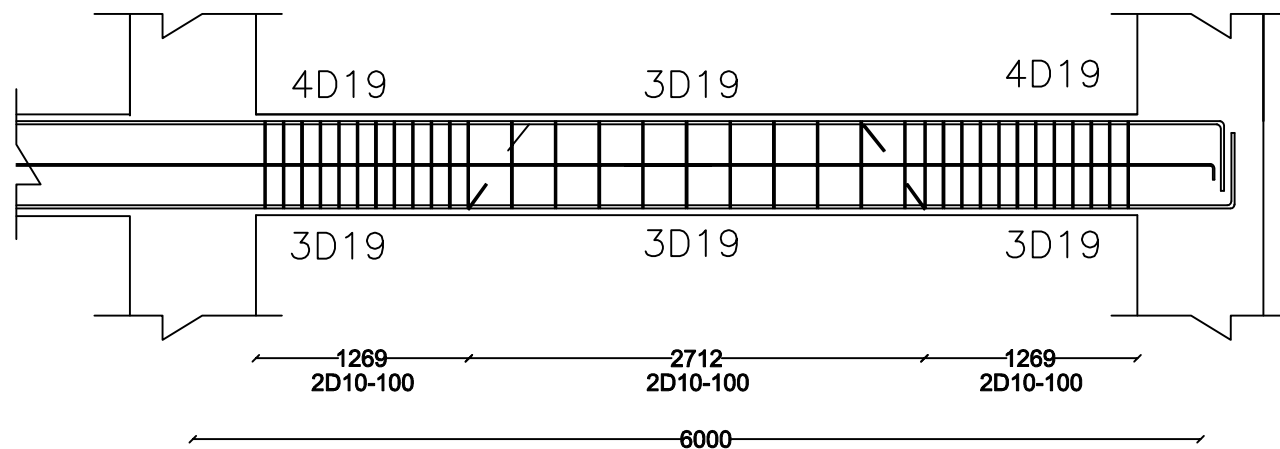
TANGGAL

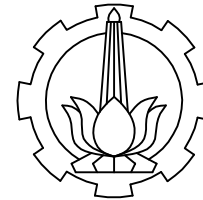
NO. GAMBAR

### BALOK 7 C-D



### BALOK 7 D-E





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

1:30

TANGGAL

NO. GAMBAR

## BALOK C 1-2

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 5D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19
Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100

## BALOK C 2-3

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 7D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19
Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100

## BALOK C 3-4

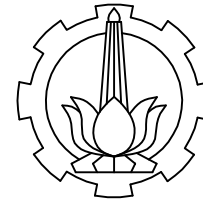
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 7D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19
Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100

## BALOK C 4-5

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 8D19	Tulangan Atas : 5D19	Tulangan Atas : 7D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 5D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-80

## BALOK C 5-6

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 8D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-80



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

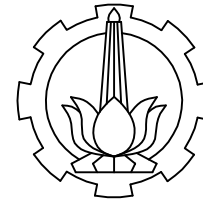
1:30

TANGGAL

NO. GAMBAR

BALOK C 6-7			BALOK C 8-9		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 8D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 6D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 6D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100
BALOK C 9-10			BALOK C 10-11		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 5D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 4D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 4D19
Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-100	Sengkang : 2D10-250	Sengkang : 2D10-100





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

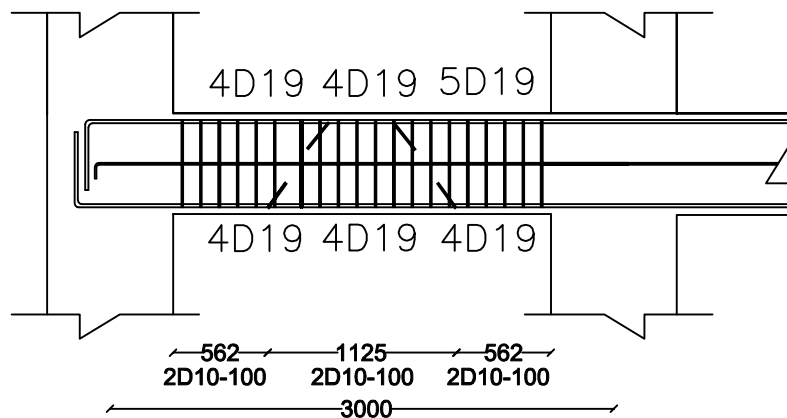
SKALA

1:45

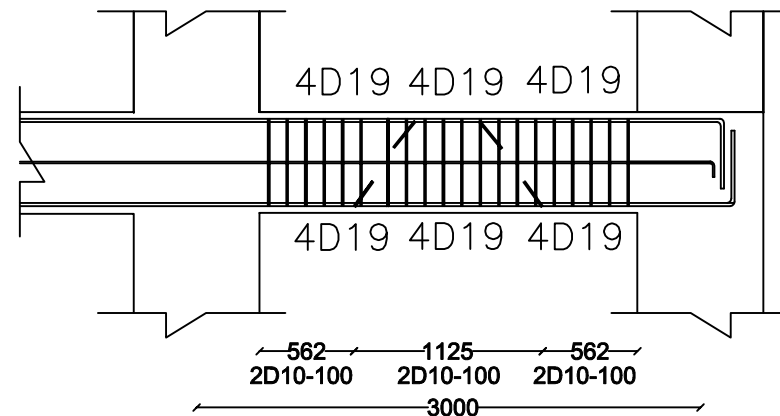
TANGGAL

NO. GAMBAR

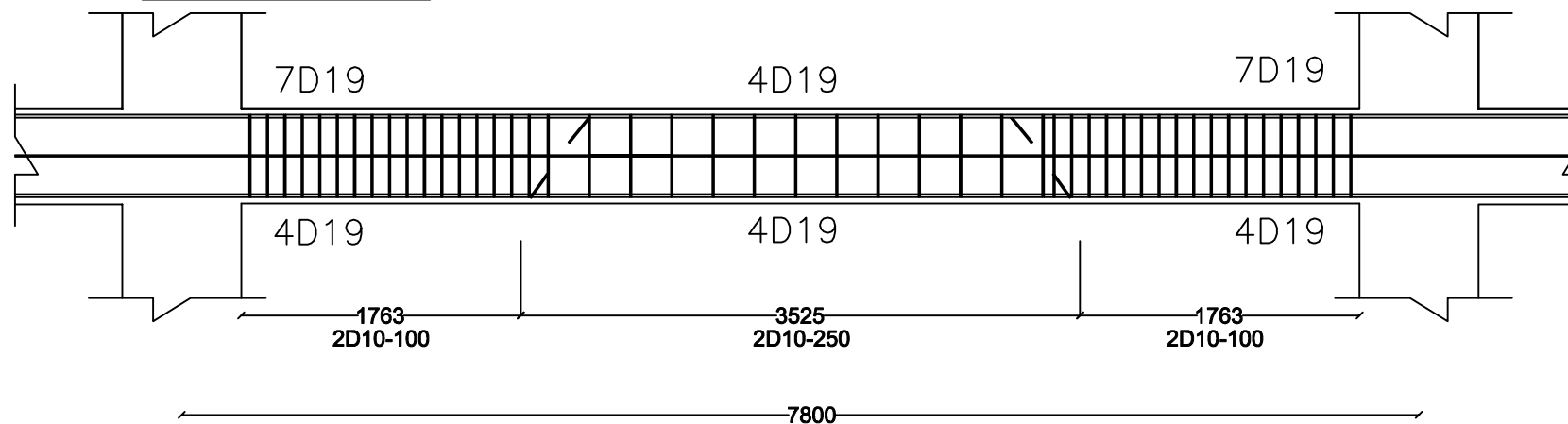
BALOK C 1-2

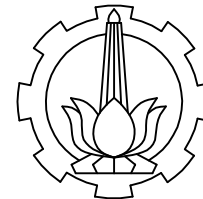


BALOK C 10-11



BALOK C 2-3





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

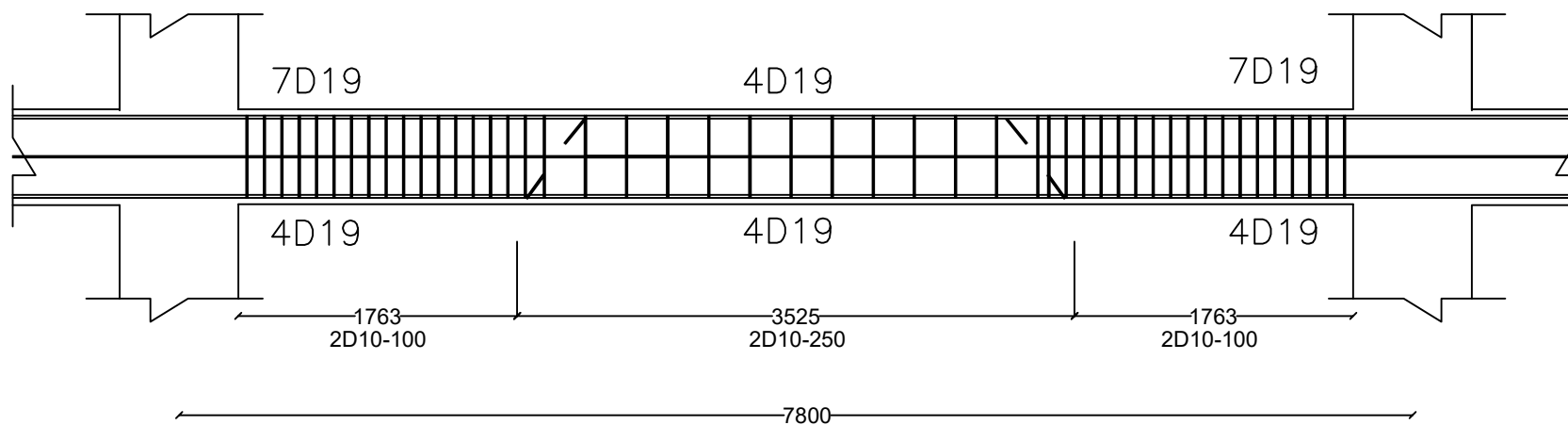
SKALA

1:45

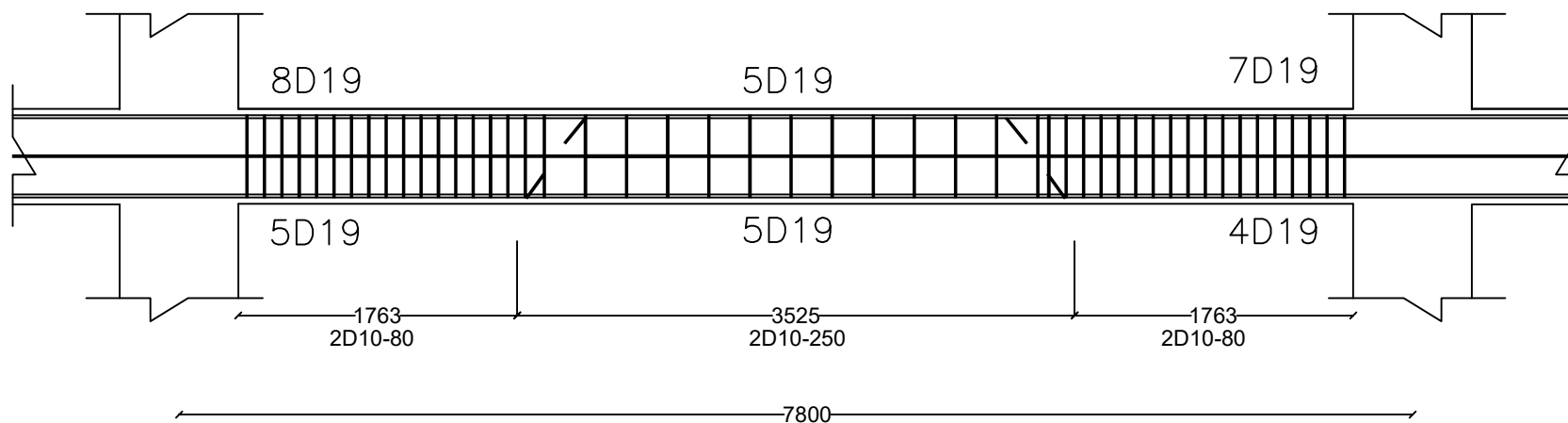
TANGGAL

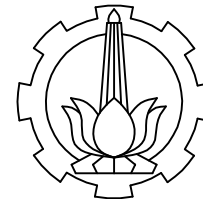
NO. GAMBAR

### BALOK C 3-4



### BALOK C 4-5





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

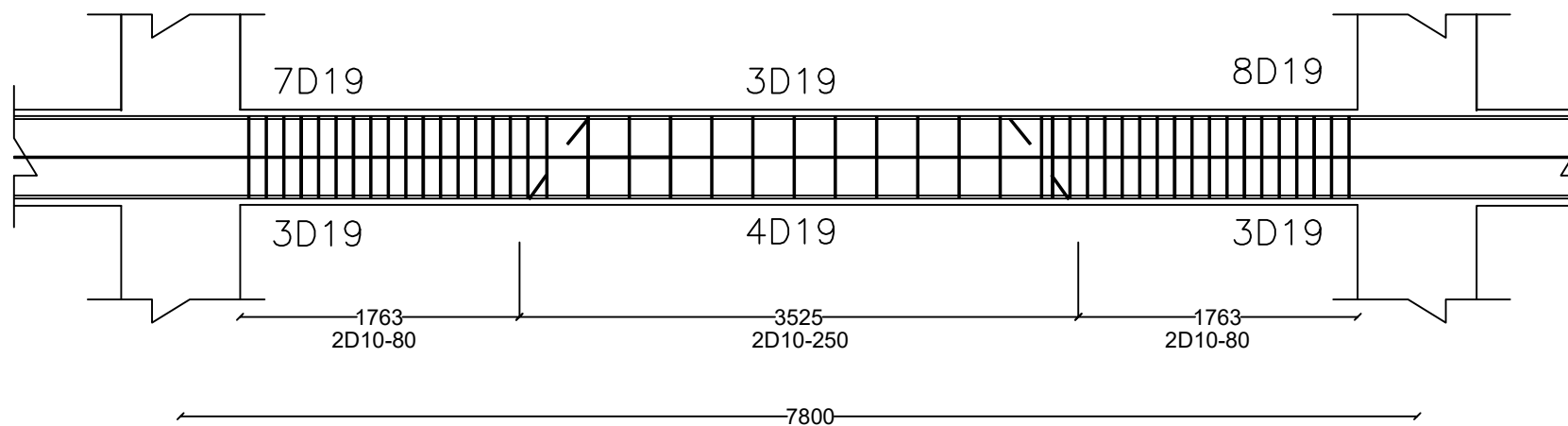
SKALA

1:45

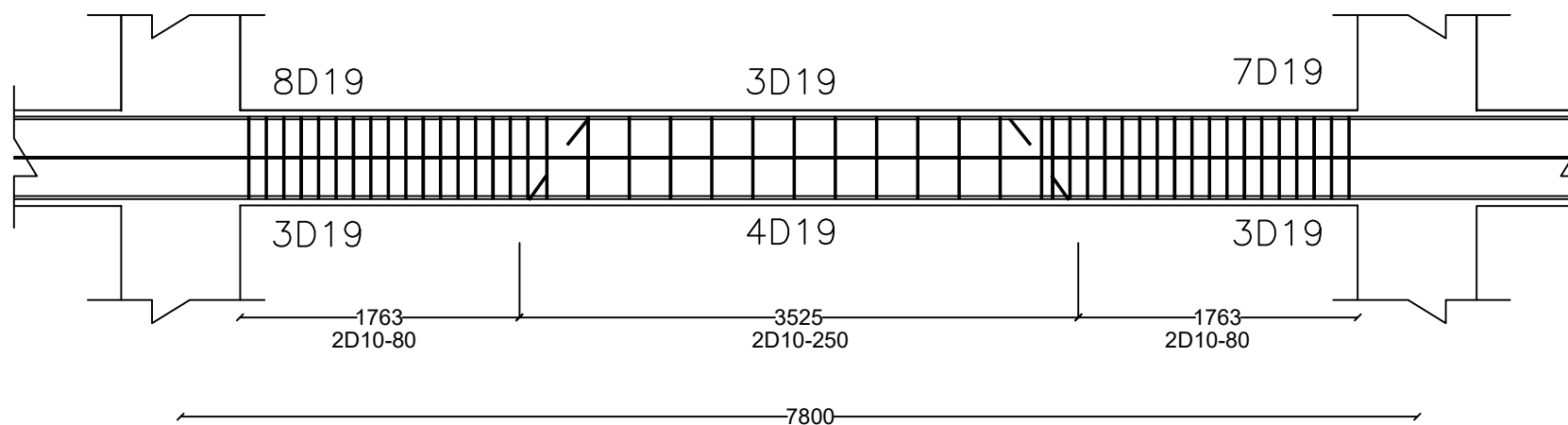
TANGGAL

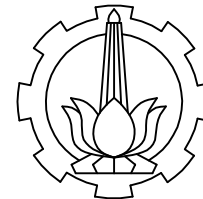
NO. GAMBAR

### BALOK C 5-6



### BALOK C 6-7





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

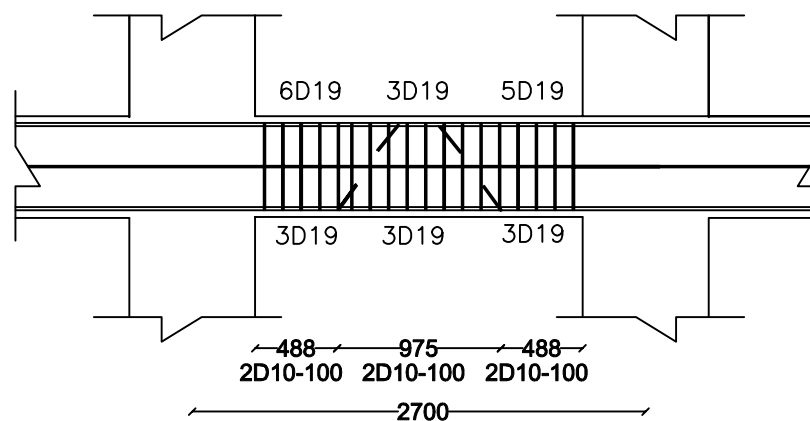
SKALA

1:45

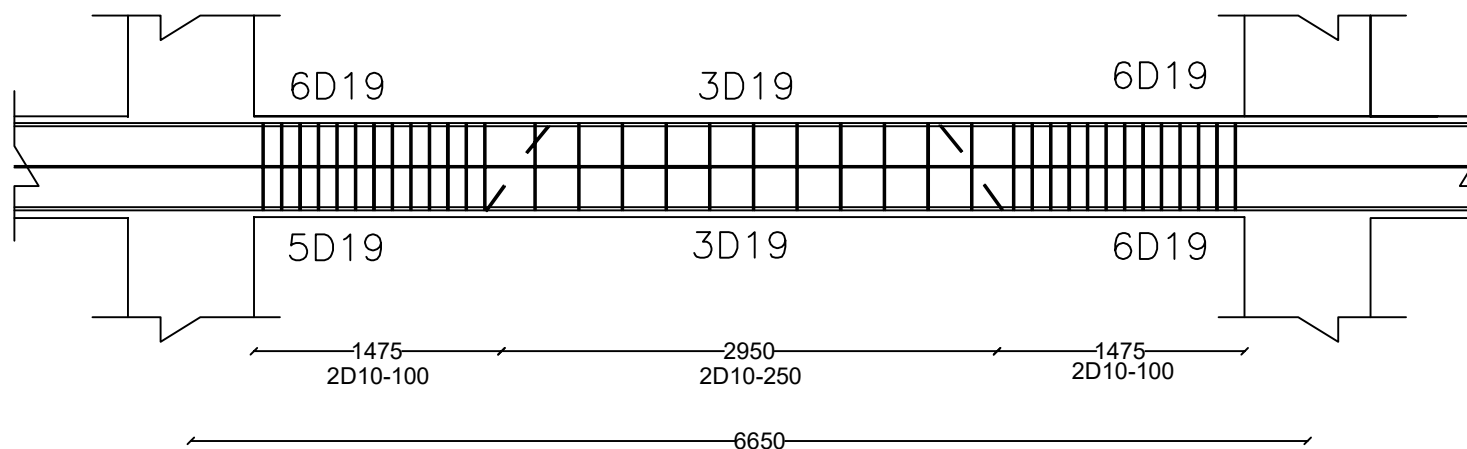
TANGGAL

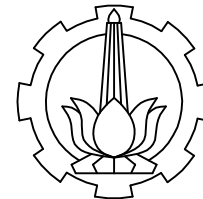
NO. GAMBAR

BALOK C 9-10



BALOK C 8-9





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SRG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEAN

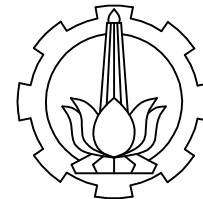
SKALA

1:30

TANGGAL

NO. GAMBAR

BALOK 7 A-B			BALOK 7 B-C		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 5D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-250
BALOK 7 C-D			BALOK 7 D-E		
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 4D19	Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 4D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19
Sengkang : 2D10-150	Sengkang : 2D10-150	Sengkang : 2D10-150	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

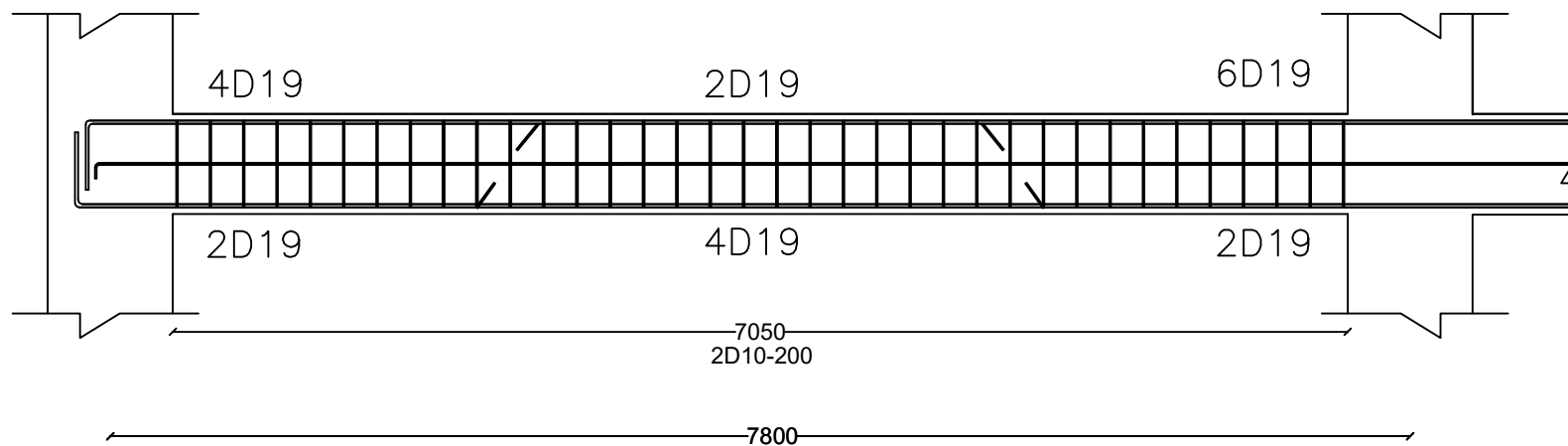
SKALA

1:45

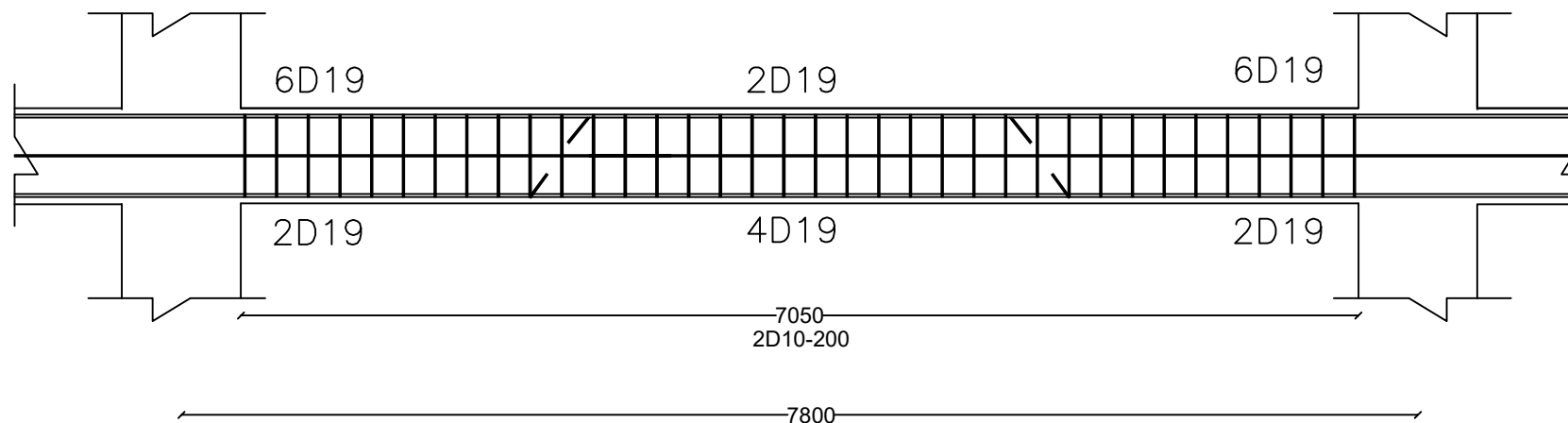
TANGGAL

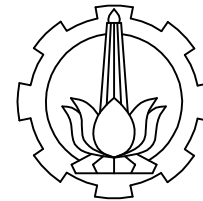
NO. GAMBAR

### BALOK 7 A-B



### BALOK 7 B-C





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL 7

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

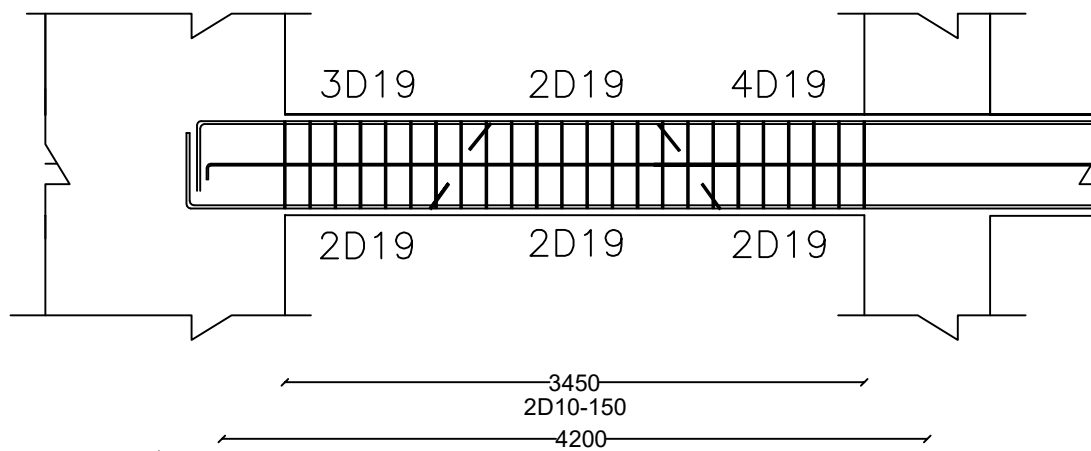
SKALA

1:45

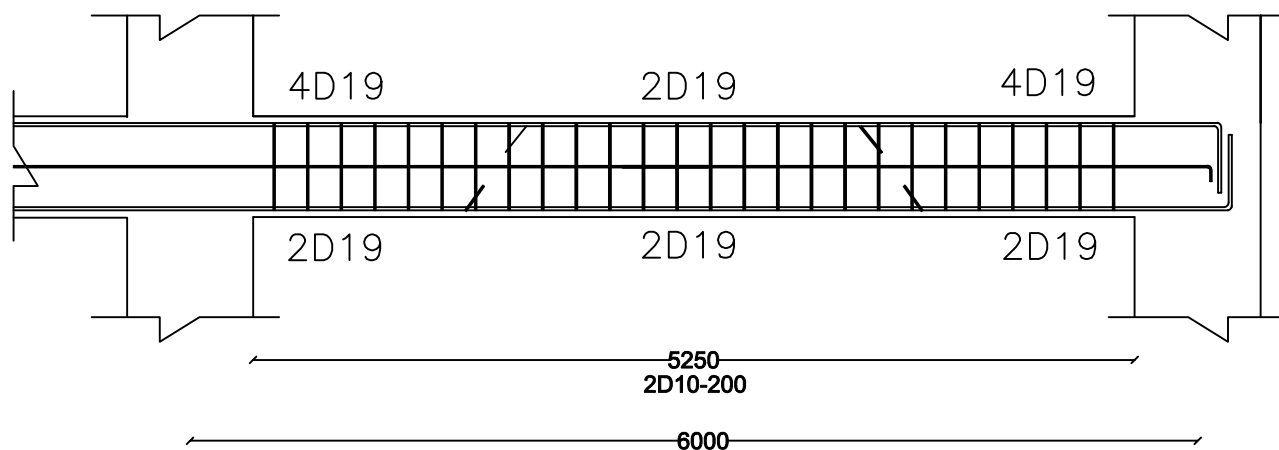
TANGGAL

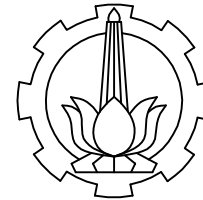
NO. GAMBAR

### BALOK 7 C-D



### BALOK 7 D-E





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK SRG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEAN

SKALA

1:30

TANGGAL

NO. GAMBAR

## BALOK C 1-2

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 2D19	Tulangan Atas : 2D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19	Tulangan Bawah : 2D19
Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200

## BALOK C 2-3

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 6D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80

## BALOK C 3-4

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 5D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 6D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80

## BALOK C 4-5

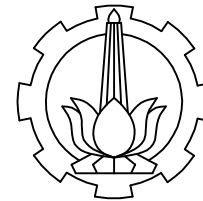
TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 7D19	Tulangan Atas : 5D19	Tulangan Atas : 5D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 5D19	Tulangan Bawah : 5D19
Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80	Sengkang : 2D10-80

## BALOK C 5-6

TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
Tulangan Atas : 6D19	Tulangan Atas : 3D19	Tulangan Atas : 7D19
Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19	Tulangan Tengah : 2D19
Tulangan Bawah : 3D19	Tulangan Bawah : 4D19	Tulangan Bawah : 3D19
Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200	Sengkang : 2D10-200







FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

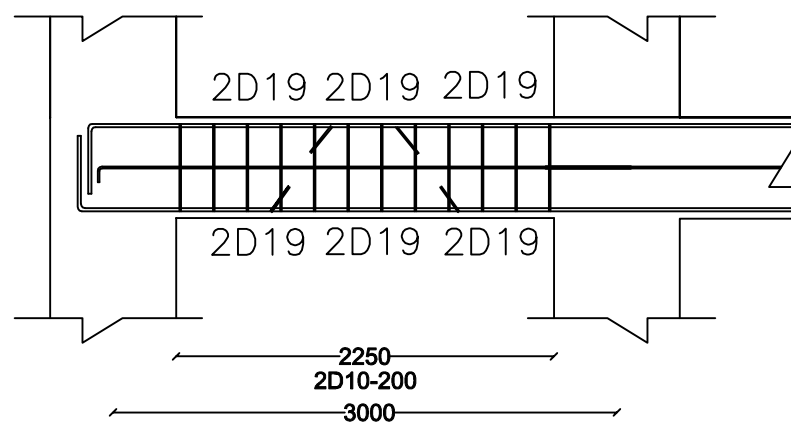
SKALA

1:45

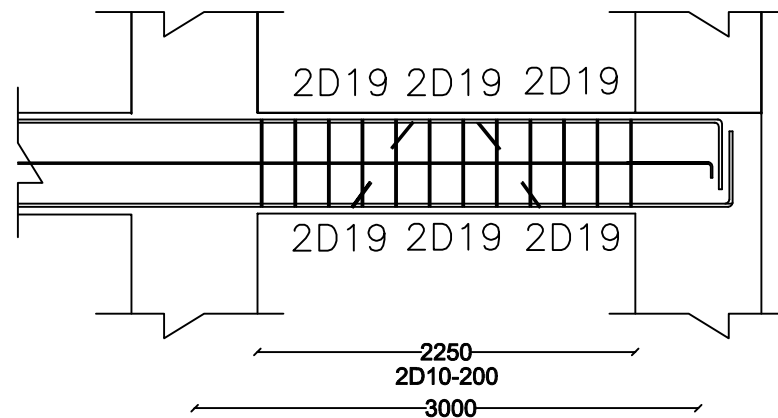
TANGGAL

NO. GAMBAR

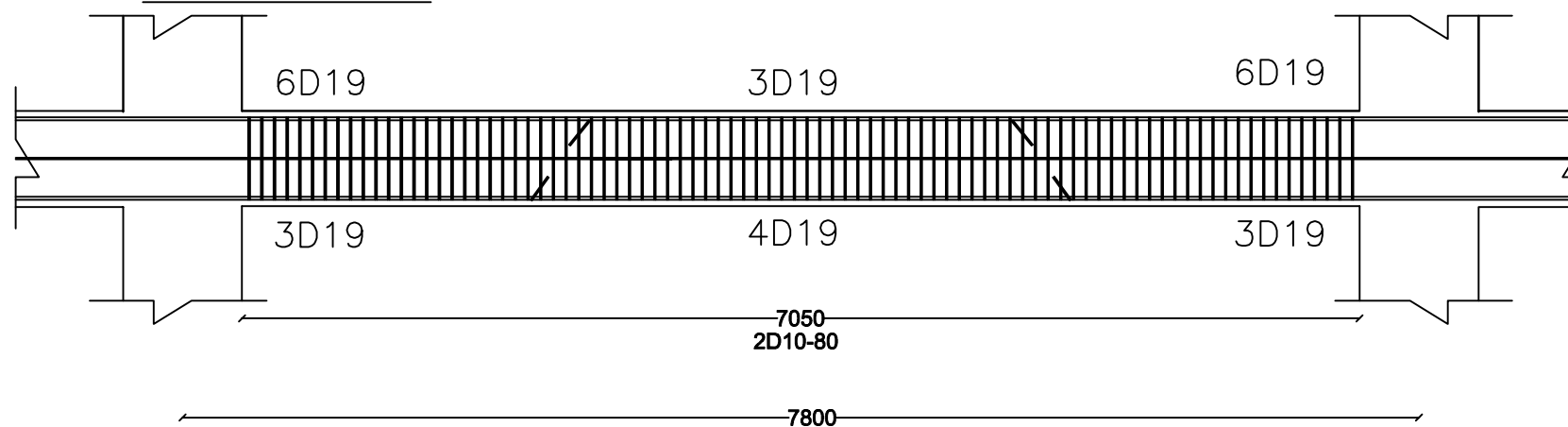
BALOK C 1-2

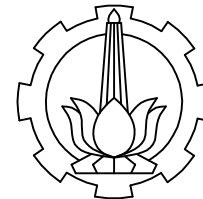


BALOK C 10-11



BALOK C 2-3





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

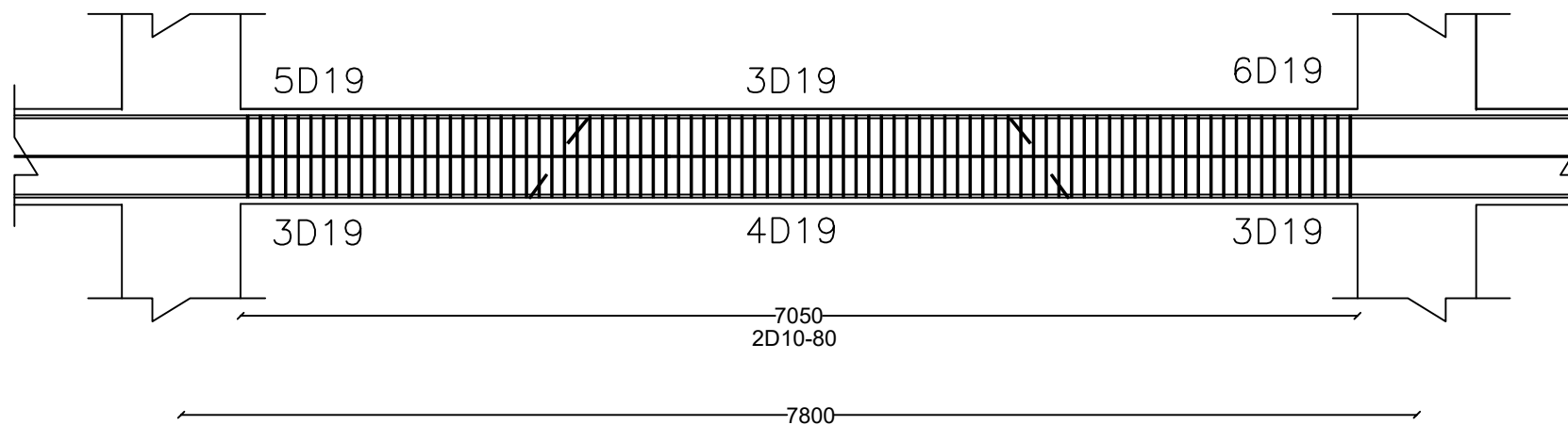
SKALA

1:45

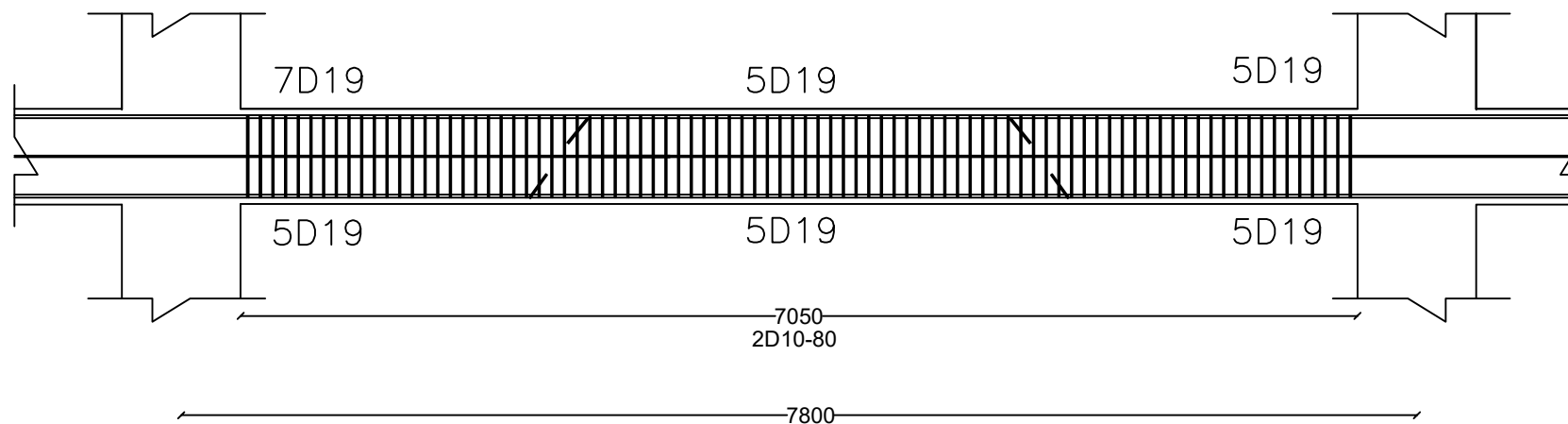
TANGGAL

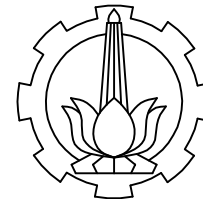
NO. GAMBAR

### BALOK C 3-4



### BALOK C 4-5





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

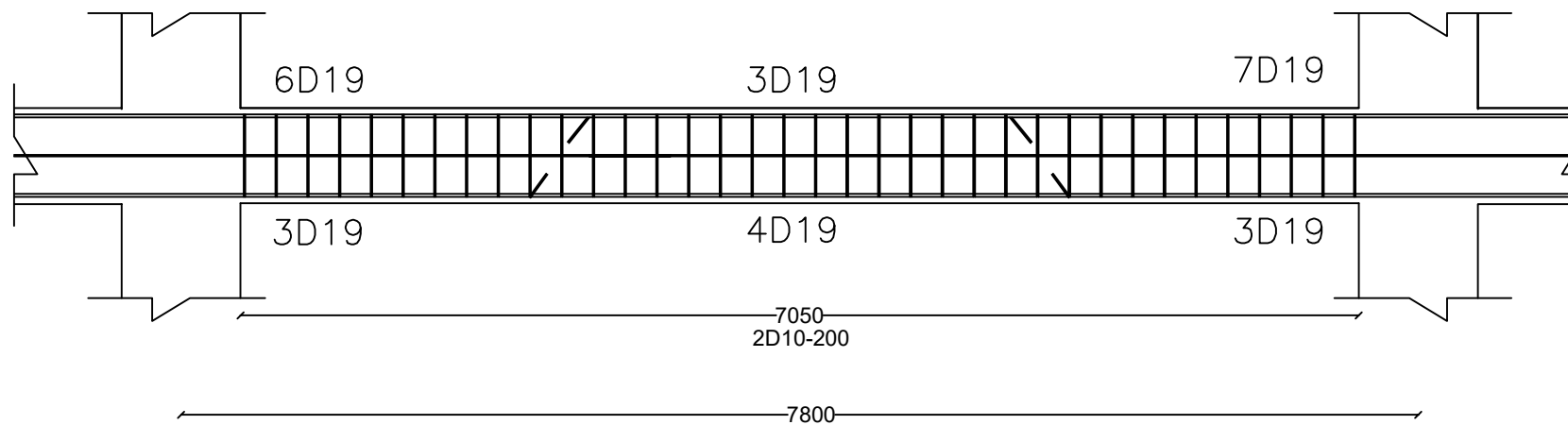
SKALA

1:45

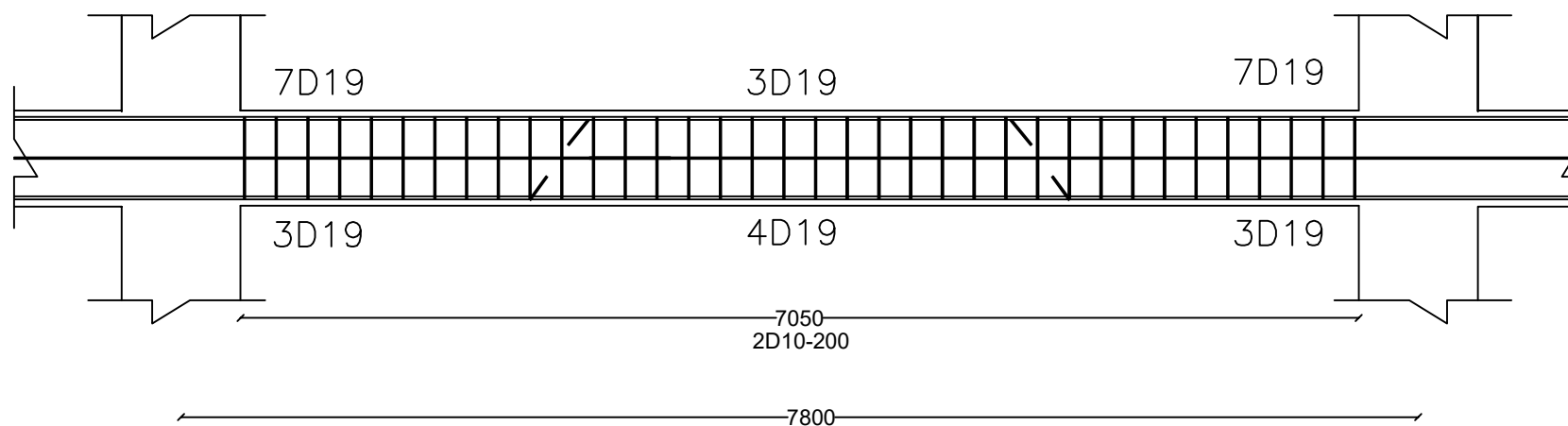
TANGGAL

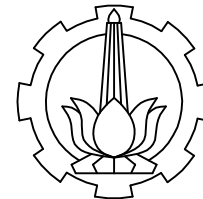
NO. GAMBAR

### BALOK C 5-6



### BALOK C 6-7





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK SRG PORTAL C

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

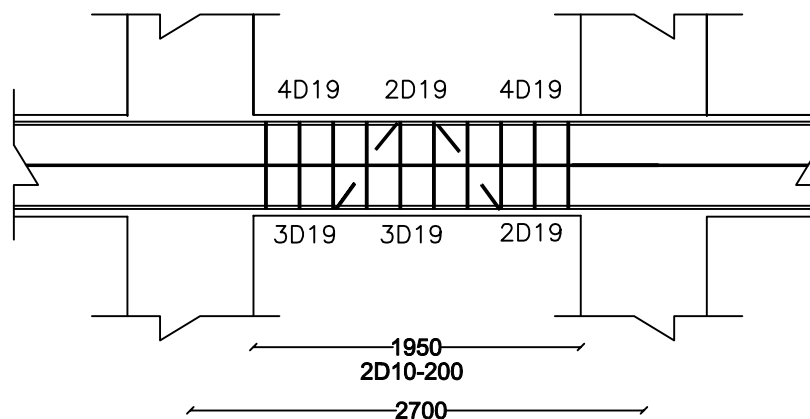
SKALA

1:45

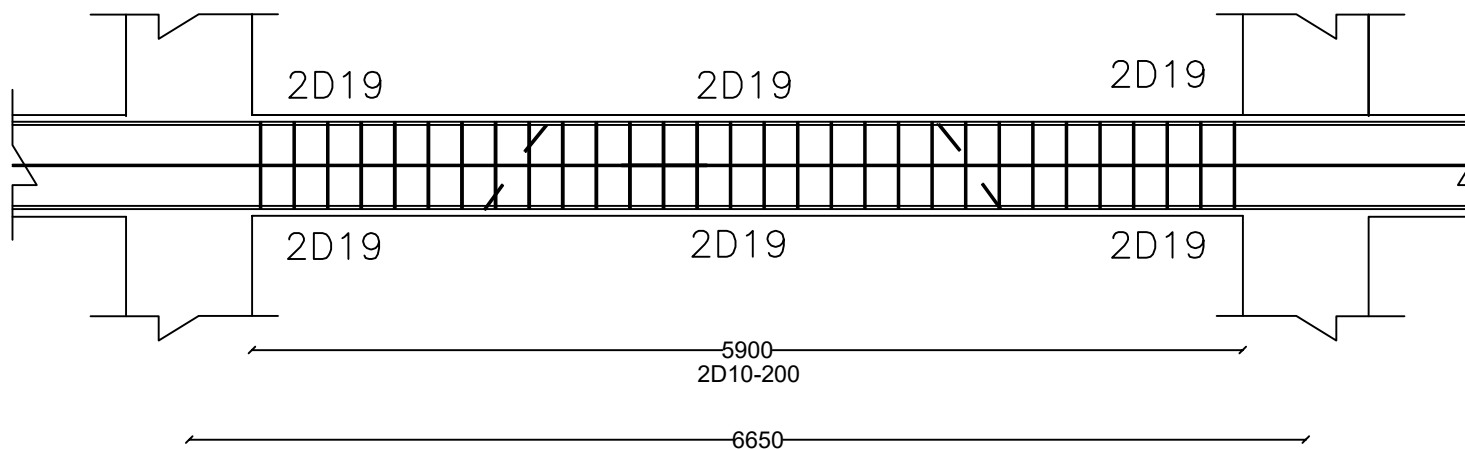
TANGGAL

NO. GAMBAR

BALOK C 9-10



BALOK C 8-9

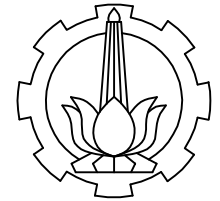


# KOLOM SRG

TUMPUAN	LAPANGAN
Tulangan : 12D22	Tulangan : 12D22
Sengkang : 4D13-100	Sengkang : 4D13-130

# KOLOM SG

TUMPUAN	LAPANGAN
Tulangan : 16D22	Tulangan : 16D22
Sengkang : 4D13-100	Sengkang : 4D13-130



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

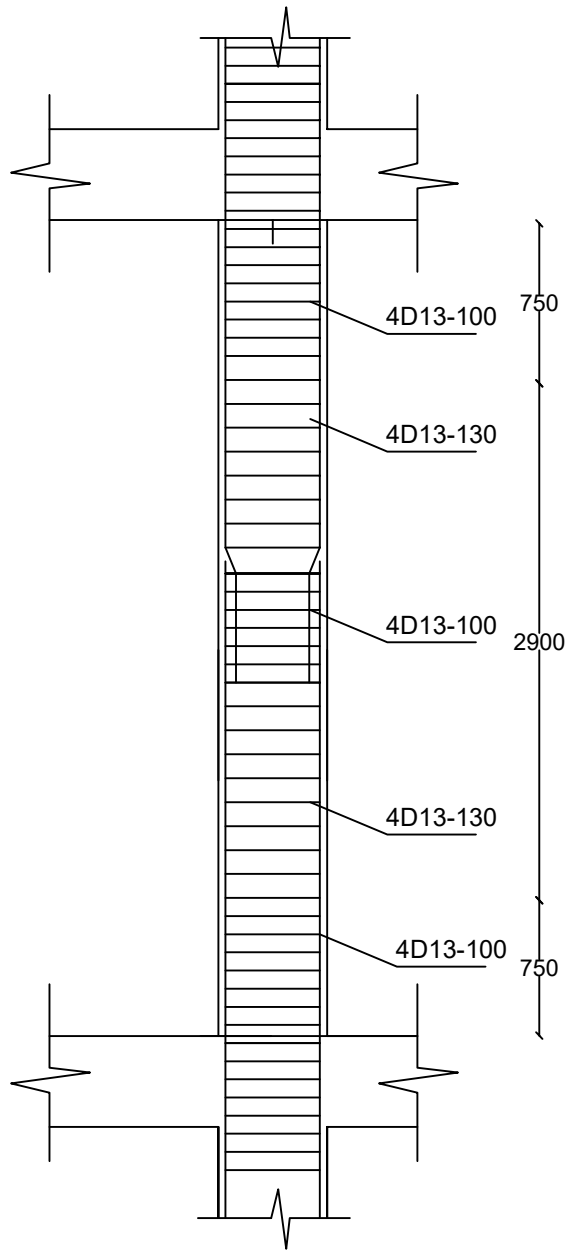
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

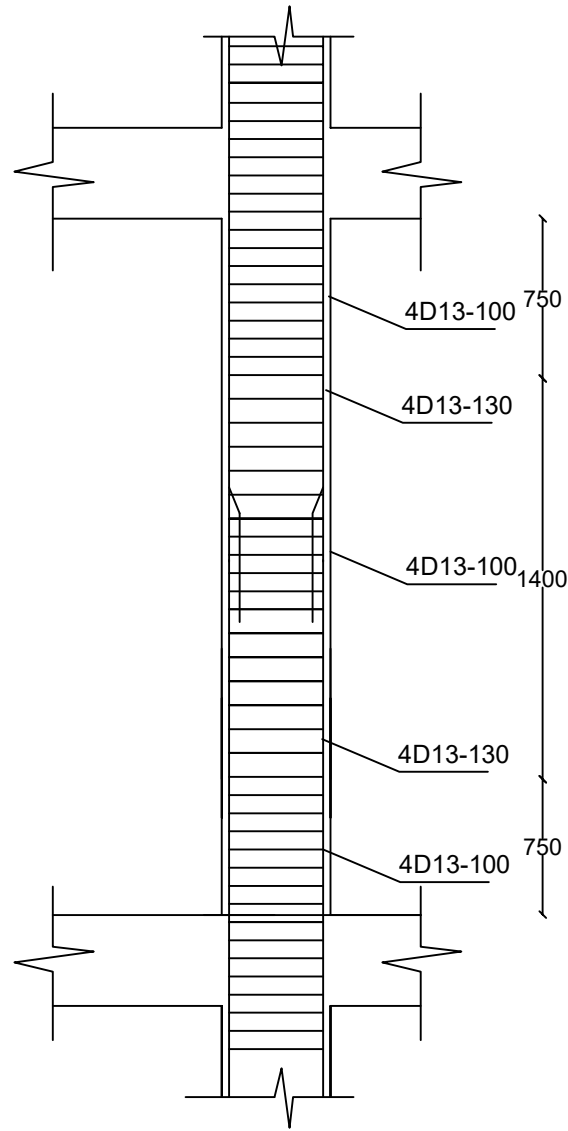
1:25

TANGGAL

NO. GAMBAR



KOLOM LT.1-2



KOLOM LT.3-8



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM SG

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

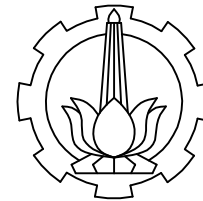
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

1:45

TANGGAL

NO. GAMBAR



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA GEDUNG DENGAN SISTEM GANDA SESUAI SNI 1726:2012 DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY HORISON

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM SRG

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH (3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

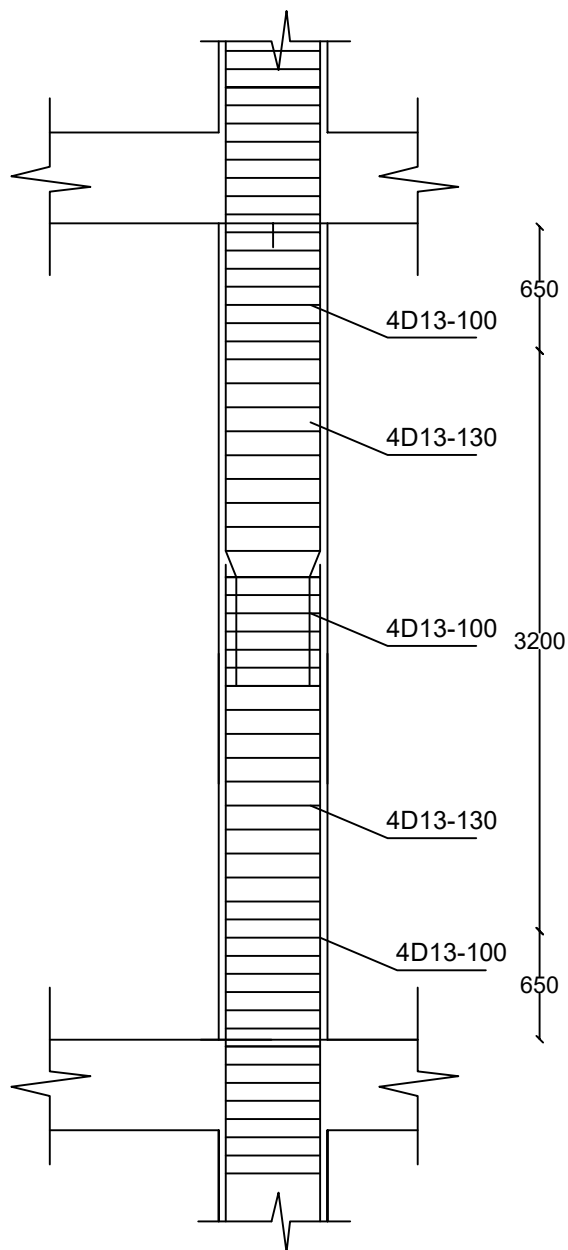
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
 PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

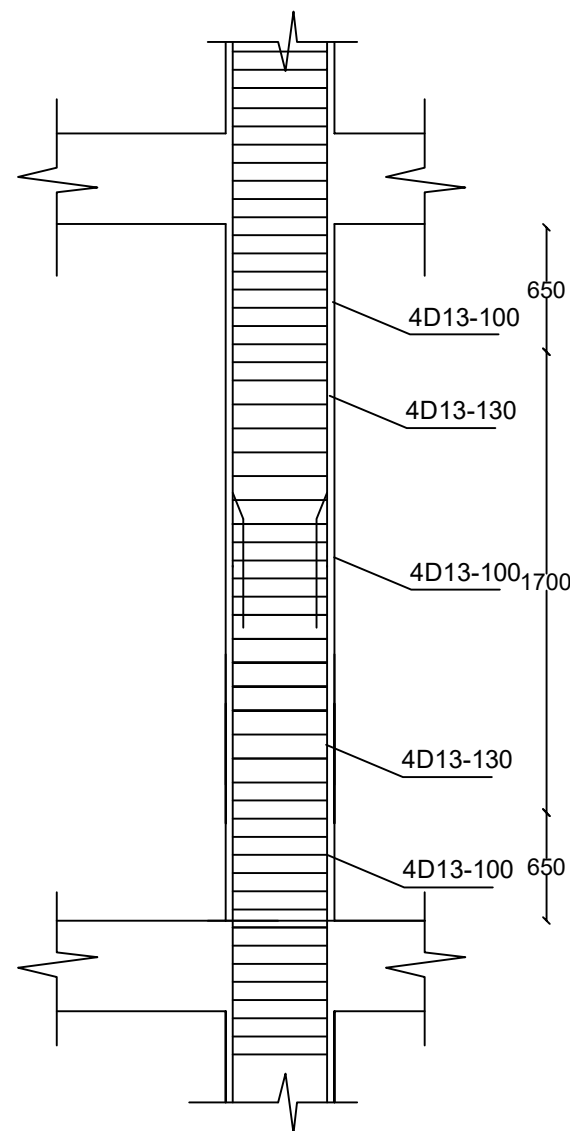
1:45

TANGGAL

NO. GAMBAR

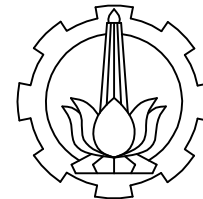


KOLOM LT.1-2



KOLOM LT.3-8





FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PERBANDINGAN  
DESAIN STRUKTUR  
MENGUNAKAN SISTEM  
RANGKA GEDUNG  
DENGAN SISTEM GANDA  
SESUAI SNI 1726:2012  
DAN SNI 2847:2013

NAMA PROYEK

HOTEL GRAND KEISHA BY  
HORISON

NAMA GAMBAR

PENULANGAN KOLOM

NAMA MAHASISWA

FAIZAH SYAHIDAH  
(3114106023)

DOSEN PEMBIMBING

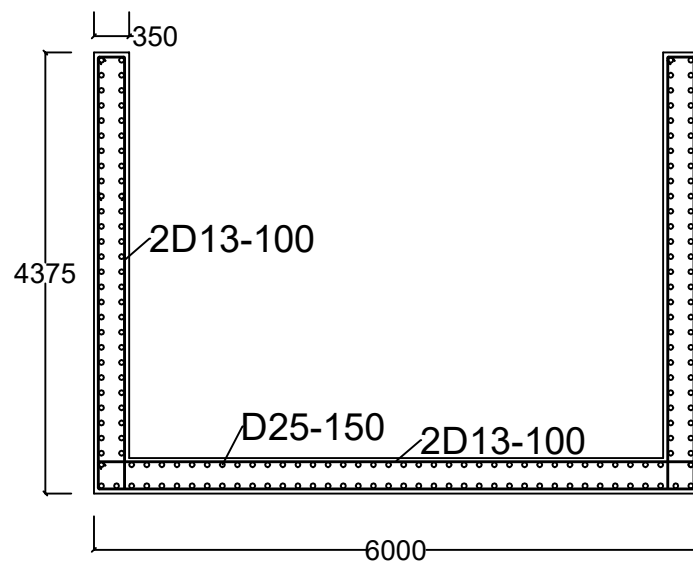
PROF. TAVIO, S.T., M.T., Ph.D.  
PROF. Dr. Ir. I GUSTI PUTU RAKA, DEA

SKALA

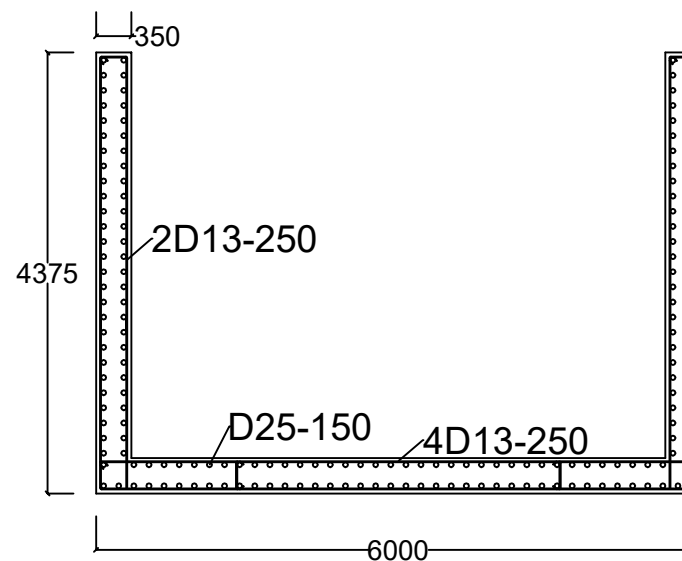
1:75

TANGGAL

NO. GAMBAR



DINDING GESER SG



DINDING GESER SRG

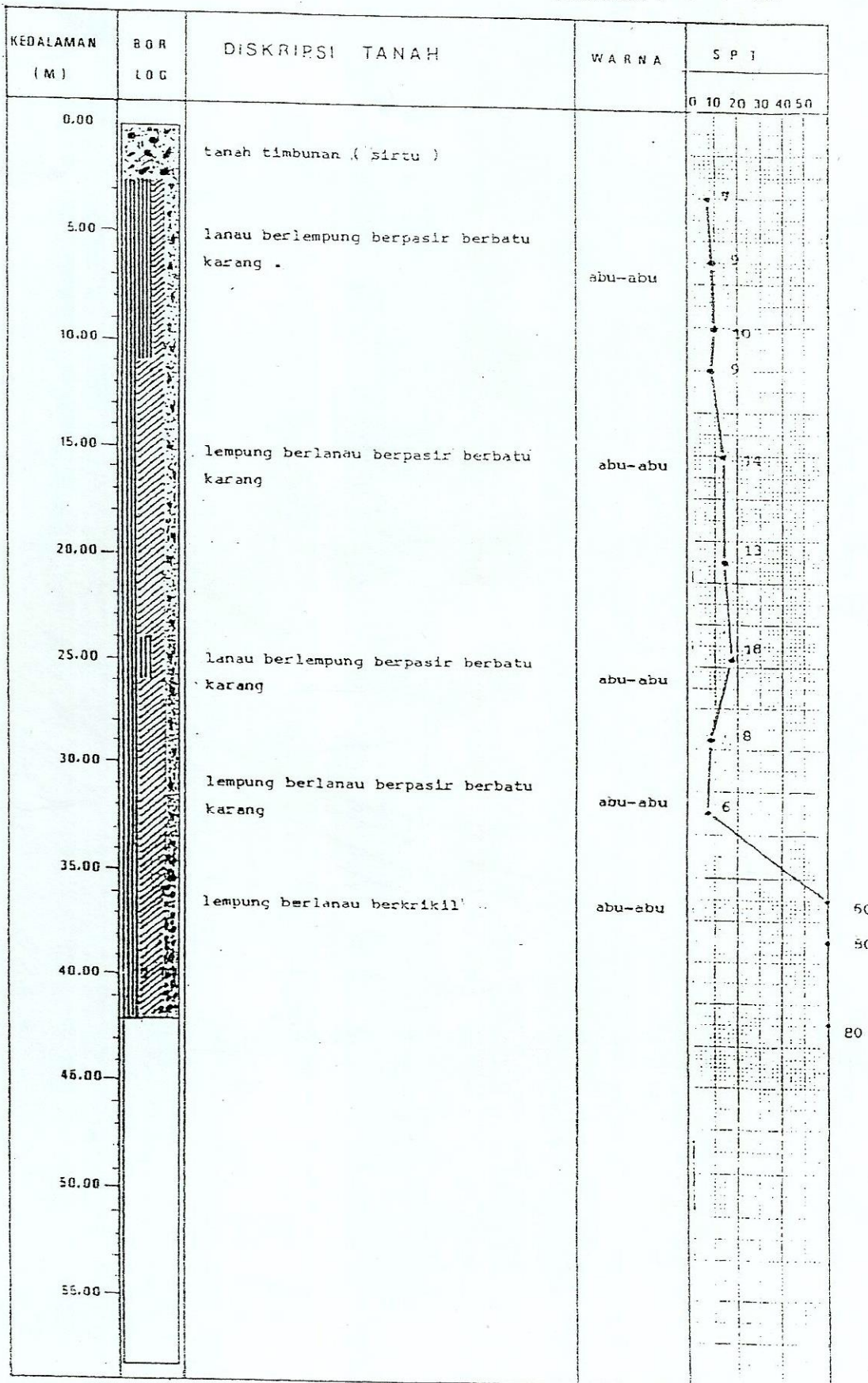


Borlog berdasar Undisturbed sample

**GAMB. PROFIL BORING**

LOKASI : TELUK BAYUR - PADANG

TITIK BOR : B - III



Depth (m)	Sieve & Hydrometer		Grading Passing Sieve No. (%)				Atterberg Limits			Soil Class- ification	Natural state					Uncon- fined	Triaxial				Consolidation			Direct Shear		Vane Test		
	( I )	( I )	10	40	200	LL	PL	PI	Gs		Yc	wc	rd	e	n		qu	C	0	C	0	Pp	Cc	av	cv		C	0
0.00-0.50	7	19	74	8	14	74	41,37	24,50	16,31	CL	2,797	1,915	36,39	1,17	1,26	57,65	+	0,92	3	0,104	7	1,25	0,567	0,03	1,726E-03	+	+	0,08
14.5-15.0	9	25	66	11	19	66	45,73	25,28	20,45	CL	2,675	1,719	51,56	1,13	1,35	57,59	+	0	3	0,074	8	2,74	1,253	0,04	0,912E-03	+	+	0,075
16.45-17.	8	12	80	10	12	80	53,14	27,94	25,2	CH	2,626	1,797	54,97	1,16	1,26	55,81	+	0	2	0,113	6 34	++	0,617	++	4,104E-03	+	+	0,045
21.0-21.5	5	19	76	8	13	76	54,46	26,37	28,09	CH	2,717	1,625	59,44	1,01	1,56	62,48	+	+	+	+	++	0,633	++	2,345E-03	+	+	0,04	
25.-25.75	12	11	77	14	17	77	53,94	27,54	26,2	CH	2,691	1,706	40,79	1,21	1,22	54,97	+	0	3	0,084	9 15	++	0,535	++	2,189E-03	+	+	0,055
30.-30.75	4	15	81	5	9	81	52,53	26,72	25,91	CH	2,59	1,648	29,77	1,26	1,03	50,76	+	+	+	+	++	0,503	++	1,931E-03	+	+	0,055	

REMARKS :

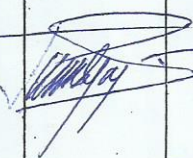

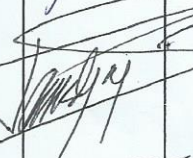
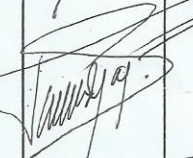
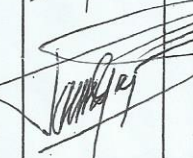
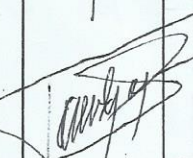
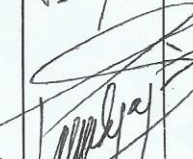
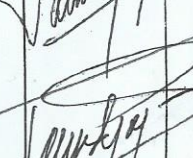
- G = GRAVEL
- S = SAND
- S+C = SILT + CLAY
- LL = LIQUID LIMIT
- PL = PLASTIC LIMIT
- PI = PLASTICITY INDEX
- Gs = SPECIFIC GRAVITY

- Yt = WET DENSITY (gr/cc)
- wc = WATER CONTENT (%)
- Yd = DRY DENSITY (gr/cc)
- e = VOID RATIO
- n = POROSITY (%)
- qu = ULTIMATE COMPRESSIVE STRENGTH (kg/cm<sup>2</sup>)
- C = COHESION (kg/cm<sup>2</sup>)
- 0 = ANGLE OF INTERNAL FRICTION (degree, minutes)
- Pp = PRECONSOLIDATION PRESSURE (kg/cm<sup>2</sup>)
- Cc = COMPRESSION INDEX
- av = COEFFICIENT OF VOLUME COMPRESSIBILITY (cm<sup>2</sup>/kg)
- cv = COEFFICIENT OF CONSOLIDATION (cm<sup>2</sup>/sec)

- CH = CLAY WITH HIGH PLASTICITY
- CL = CLAY WITH LOW PLASTICITY
- +
- ++ = VIRGIN CURVE
- T = TORQUE (kg/cm<sup>2</sup>)

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL - FTSP ITS  
 KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawio, S.T., M.T., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Faizah Syahidah
NRP	: 3114106023
JUDUL TUGAS AKHIR	: Studi Perbandingan Desain Struktur Menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan Sistem Ganda Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054239 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00/2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	15/09/16	Preliminary Design Balok, Kolom, Shear Wall dan Pelat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecilkan dimensi tebal pelat (penambahan balok anak)</li> <li>- Remodelan</li> </ul>	
2	03/10/16	Remodelan struktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kontrol persyaratan gempa</li> </ul>	
3	03/11/16	kontrol persyaratan gempa sistem ganda	kontrol kembali persyaratan sistem ganda	
4	17/11/16	kontrol persyaratan gempa sistem rangka gedung	kontrol sistem ganda	
5	30/11/16	kontrol kedua sistem	detail penulangan (balok, kolom, shearwall)	
6	6/12/16	detail penulangan	teruskan detail penulangan	
7	13/12/16	detail penulangan	teruskan detail penulangan dan volume	
8	22/12/16	hasil penulangan SR6 lebih kecil volumenya dibanding SG		



Form TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. I Gusti Ratu Raka
NAMA MAHASISWA	: Faizah Syahidah
NRP	: 3114106023
JUDUL TUGAS AKHIR	: Studi Perbandingan Desain Struktur Menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan Sistem Ganda Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013
TANGGAL PROPOSAL	: 23 Juni 2016
NO. SP-MMTA	: 054239 / IT 2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	$\frac{21}{9} 16$	Prelim	Kontrol persyaratan grup	
2	$\frac{4}{11} 16$		Teruskan kontrol "masalah grup"	
3	$\frac{17}{11} 16$		Cari ukuran kolom vs S.W, agar untuk masing-masing sistem agar bisa sesuai ketertan.	
4	$\frac{30}{11} 16$		Tabul di beri n° Rumus diberikan dan diberi identitas. tambahan pembagi yang sed bnda, dan Raka Corp.	
5	$\frac{8}{12} 16$		Dibuat satu portal melintang & memanjang (tutupi agar bisa di-bandingkan)	
6	$\frac{28}{12} 16$		Kesimpulan	

## BIODATA PENULIS



Faizah Syahidah,  
Penulis dilahirkan di Jakarta, 2 Desember 1993, merupakan anak pertama dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDIT Nurul Fikri, SMPN 3 Depok, dan SMAN 1 Depok. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan Diploma III Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Gedung di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis aktif dalam

organisasi kemahasiswaan saat diploma. Kemudian setelah lulus dan melanjutkan studi S1 Teknik Sipil di ITS pada Januari 2015. dari Diploma III, penulis melanjutkan jenjang pendidikan sarjana pada Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS pada Januari 2015. Pada Tugas Akhir ini Penulis mengambil Bidang Studi Struktur. Email: [faizahsyahidah@gmail.com](mailto:faizahsyahidah@gmail.com)