



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

# PERENCANAAN RSUD KOJA, JAKARTA UTARA MENGUNAKAN *PERFORMANCE BASED DESIGN*

MUHAMMAD FAISAL MAHDY  
NRP 3112 100 136

Dosen Pembimbing  
Ir. Faimun MSc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR (RC14-1501)

# PERENCANAAN RSUD KOJA, JAKARTA UTARA MENGUNAKAN *PERFORMANCE BASED DESIGN*

MUHAMMAD FAISAL MAHDY  
NRP 3112 100 136

Dosen Pembimbing  
Ir. Faimun MSc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



FINAL PROJECT (RC14-1501)

# DESIGN OF RSUD KOJA, NORTH JAKARTA WITH PERFORMANCE BASED DESIGN

MUHAMMAD FAISAL MAHDY  
NRP 3112 100 136

Academic Supervisor  
Ir. Faimun MSc., Ph.D

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

**PERENCANAAN RSUD KOJA, JAKARTA UTARA  
MENGUNAKAN PERFORMANCE BASED DESIGN**

**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:

**MUHAMMAD FAISAL MAHDY**

NRP. 3112 100 136

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Faimun MSc., Ph.D ..... (Pembimbing I)



**SURABAYA  
JULI, 2016**

# PERENCANAAN RSUD KOJA, JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN PERFORMANCE BASE DESIGN

Nama Mahasiswa : Muhammad Faisal Mahdy  
NRP : 312100136  
Jurusan : Teknik Sipil  
Dosen Konsultasi : Ir. Faimun MSc., Ph.D

## ABSTRAK

*RSUD Koja Jakarta Utara adalah sebuah gedung yang terdiri dari 16 lantai dan terdapat 1 Basement dengan ketinggian setiap lantainya 4,00 meter. Sebagai bahan studi perancangan, gedung ini direncanakan ulang dengan metode Performance Base Design. Performance Based Design adalah suatu metode pembebanan dengan berdasarkan tingkat kinerja dari suatu bangunan yang dibagi menjadi beberapa kelompok yang akan menentukan defleksi bangunan terkait. Metode Performance Based Design sering dikembangkan untuk mengetahui performa dari suatu gedung apabila mendapat beban gempa dan mendesain gedung dengan menentukan defleksi dari gedung tersebut.*

*Tugas akhir ini akan membahas Perencanaan RSUD Koja Jakarta Utara dengan menggunakan metode performance based design. Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan struktur primer dan struktur sekunder.*

*Dari hasil analisa nonlinear time history, didapatkan defleksi maksimum yang terjadi yaitu gempa arah  $x = 0.464$  m dan gempa arah  $y = 0.393$  m sehingga gedung RSUD Koja Jakarta Utara memenuhi persyaratan target displacement yaitu 0.587 m.*

***Kata Kunci: Defleksi, Modifikasi, Perencanaan, Performance Base Design, RSUD Koja Jakarta Utara.***

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **DESIGN OF RSUD KOJA, NORTH JAKARTA WITH PERFORMANCE BASED DESIGN**

Name : Muhammad Faisal Mahdy  
NRP : 3112100136  
Major : Civil Engineering  
Supervisor : Ir. Faimun MSc., Ph.D

### **ABSTRACT**

*RSUD Koja Jakarta Utara is a building that consist of 16 floors and 1 basement with 4,00 m in each floor. As a study of design, this building will redesign with Performance Based Design method. Performance Based Design is a load method based on performance level of a building that divided into several categories that will determining deflection of the building. Performance Based Design oftenly developed to know perform of the building when the building gets earthquake load and to design the building by determine the deflection of the building.*

*This final report will examined Design of RSUD Koja Jakarta Utara with performance based design method. This building plan is consist of main structure and secondary structure.*

*From nonlinear time history analysis results, obtained the maximum deflection that occurs. The maximum deflection earthquake load X direction is 0.464 m and the maximum deflection earthquake load Y direction is 0.393 m so that RSUD Koja, North Jakarta can reach the requirement of displacement 0.587 m.*

***Keywords: Deflection, Modification, Design, Performance Based Design, RSUD Koja North Jakarta***

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*



## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkah, karunia, rahmat dan hidayah-Nya Laporan Tugas Akhir ini telah terselesaikan dengan baik. Laporan Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak berjalan sendirian. Banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Maka dari itu dengan rasa hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah S.W.T, yang selalu memberikan hidayah-Nya dalam proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Andi Harmoni Bong selaku orang tua yang saya sayangi serta adek Angga yang selalu mendoakan saya dan telah memberikan dukungan sepenuh hati dan semangat sampai selesainya Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Faimun MSc., Ph.D. yang telah memberikan bimbingan hingga Tugas Akhir ini selesai.
4. Teman-teman Warung Kopi Taman Baca yaitu Cak Bucek, Mas Cokcay, Mas Firman, Mas Musa, Mas Oka, Mas Arif, Mas Angga dan Mas Mausuf yang banyak mencerahkan saya mengenai permasalahan kehidupan selama masa perkuliahan saya.
5. Teman-teman pengurus Warkop Taman Baca yaitu Faiz, Samidin, Mikael, Nathan, Intan dan Dhira yang telah memberikanku semangat untuk berbagi terhadap sesama.
6. Teman-teman kontrakan sipil yaitu Gilang, Gani, Oga, Ian, Huda, Dani, Denzi, Luki dan Rifqi yang telah banyak memberikan pelajaran semasa perkuliahan saya.
7. Teman-teman baik saya yaitu Ilham, Ihsan dan Georgi yang telah banyak memberikan kebahagiaan dan canda tawa semasa perkuliahan saya.
8. Teman-teman kontrakan Makassar yaitu Bayu, Bayus, Ardi, Yoga, Fajar dan Aldi yang telah banyak membantu saya selama berada di kota perantauan Surabaya ini.

9. Teman-teman angkatan 2012 yang saya banggakan.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amiin.

Surabaya, 25 Juli 2016  
Hormat Saya,

Penulis

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Peta Lempeng Tektonik di Indonesia .....	1
2.1	Hubungan antara desain gempa dengan level performance ..	8
2.2	Simulasi SDOF .....	10
2.3	Redaman ekuivalen .....	11
2.4	Respon spektra perpindahan desain .....	13
2.5	Kekakuan efektif struktur .....	14
3.1	Bagan alir penyelesaian Tugas Akhir .....	18
4.1	Jenis balok gedung RSUD Koja.....	27
4.2	Dimensi dan letak pelat yang direncanakan .....	30
4.3	Kolom yang ditinjau sebagai desain awal .....	33
4.4	Respon spectra perpindahan desain rencana .....	46
4.5	Penampang balok induk .....	48
4.6	Grafik momen pemutusan tulangan.....	58
4.7	Grafik interaksi aksial dan momen pada kolom.....	61
4.8	Ilustrasi kuat momen yang bertemu di balok .....	62
4.9	Grafik interaksi aksial dan momen pada kolom dengan $f_s = 1.25 f_y$ .....	63
4.10	Grafik Interaksi aksial dan momen pada Dinding Geser ....	72
4.11	Gambar Hubungan Balok Kolom.....	73
5.1	Pelat yang direncanakan.....	82
5.2	Detail tebal pelat.....	83
5.3	Tampak atas tangga 1 .....	89
5.4	Tampak samping tangga 1 .....	89
5.5	Permodelan struktur tangga 1 .....	91
5.6	Gaya dalam pada tangga 1.....	93
5.7	Tampak atas tangga 2 .....	98
5.8	Tampak samping tangga 2 .....	98
5.9	Tampak samping <i>Ramp</i> .....	99
5.10	Permodelan struktur <i>Ramp</i> .....	101
5.11	Balok anak atap .....	106
5.12	Input Beban Mati pada balok anak .....	108
5.13	Input Beban Hidup pada balok anak .....	108
5.14	Momen akibat beban kombinasi 1.2D + 1.6L .....	108

5.15 Geser akibat kombinasi 1.2D + 1.6L.....	108
5.16 Detail penulangan balok anak atap.....	115
5.17 Detail penulangan balok lift .....	122
6.1 <i>Log in</i> di situs peer berkerley .....	124
6.2 Menentukan model spektrum “ <i>No Scaling</i> ”.....	124
6.3 Grafik <i>ground motion</i> yang terjadi di San Fernando .....	125
6.4 Grafik Respon Spektrum Jakarta Utara kelas situs D.....	125
6.5 Komparasi antara respon spektrum gempa besar dan respon spektrum Jakarta Utara arah X.....	126
6.6 Komparasi antara respon spektrum gempa besar dan respon spektrum Jakarta Utara arah Y.....	126
6.7 <i>Range period</i> Respon Spektrum Jakarta Utara.....	127
6.8 Respon spektrum arah X yang telah diskalakan .....	128
6.9 Respon spektrum arah Y yang telah diskalakan .....	128
6.10 <i>Ground Motion</i> San Fernando arah X sebelum diskalakan dan setelah diskalakan .....	129
6.11 <i>Ground Motion</i> San Fernando arah Y sebelum diskalakan dan setelah diskalakan .....	129
6.12 <i>Ground Motion</i> San Fernando arah X interval 0.5 detik ...	130
6.13 <i>Ground Motion</i> San Fernando arah Y interval 0.5 detik ...	130
6.14 <i>Ground Motion</i> setelah diformat dalam bentuk <i>notepad</i> ...	130
6.15 Input data <i>ground motion</i> arah X.....	131
6.16 Input data <i>ground motion</i> arah Y.....	131
6.17 Input <i>ramp function</i> .....	132
6.18 Input <i>Load Casse</i> pada <i>ramp function</i> .....	132
6.19 Input Respon Spektrum .....	133
6.20 Mendefinisikan <i>hinge properties</i> .....	133
6.21 Grafik momen kurvatur pada jenis kolom 80/80.....	134
6.22 Memasukkan data momen kurvatur pada kolom 80/80.....	134
6.23 Run <i>time history analysis</i> .....	135
6.24 Kondisi sendi plastis struktur arah X pada saat detik ke 9	136
6.25 Kondisi sendi plastis struktur arah Y pada saat detik ke 5	136
6.26 Kategori kinerja struktur berdasarkan ATC-58 .....	137
6.27 Defleksi maksimum yang terjadi pada arah X.....	138
6.28 Defleksi maksimum yang terjadi pada arah Y.....	139

6.29 Posisi <i>joint</i> 13095 yang ditinjau .....	139
6.30 Grafik Displacement ( $\Delta$ ) vs H arah X <i>joint</i> 13095 pada saat kondisi maksimum.....	139
6.31 Grafik Displacement ( $\Delta$ ) vs H arah Y <i>joint</i> 13095 pada saat kondisi maksimum .....	140
6.32 Grafik Gaya Geser Lateral (F) vs H arah X <i>joint</i> 13095 pada saat kondisi maksimum .....	140
6.33 Grafik Gaya Geser Lateral (F) vs H arah Y <i>joint</i> 1305 pada saat kondisi maksimum .....	141
6.34 Grafik <i>Drift story</i> vs H arah X <i>joint</i> 13095 pada saat kondisi maksimum .....	141
6.35 Grafik <i>Drift story</i> vs H arah Y <i>joint</i> 13095 pada saat kondisi maksimum .....	142
6.36 Grafik <i>displacement vs time joint</i> 13095 arah X.....	143
6.37 Grafik <i>velocity vs time joint</i> 13095 arah X.....	143
6.38 Grafik <i>acceleration vs time joint</i> 13095 arah X.....	144
6.39 Grafik <i>displacement vs time joint</i> 13095 arah Y.....	144
6.40 Grafik <i>velocity vs time joint</i> 13095 arah Y.....	145
6.41 Grafik <i>acceleration vs time joint</i> 13095 arah Y.....	145
6.42 Grafik <i>displacement</i> arah X vs <i>displacement</i> arah Y pada <i>joint</i> 13095.....	146
6.43 Grafik <i>displacement</i> arah Y vs <i>displacement</i> arah X pada <i>joint</i> 13095.....	146

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Title Page</b> .....	ii
<b>Abstrak</b> .....	iii
<b>Abstract</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vii
<b>Daftar Isi</b> .....	ix
<b>Daftar Gambar</b> .....	xv
<b>Daftar Tabel</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.2.1 Masalah Utama .....	2
1.2.1 Detail Masalah .....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.2.1 Tujuan Utama.....	3
1.2.1 Detail Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Umum.....	5
2.2 Struktur Berbasis Kinerja ( <i>Performance Base Design</i> ).....	5
2.3 Metode <i>Direct Displacement Base Design</i> .....	7
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	<b>17</b>
3.1 Umum.....	17
3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	17
3.3 Pengumpulan Data .....	18
3.3.1 Data Umum Bangunan.....	18
3.3.2 Data Bahan.....	19
3.4 Studi Literatur .....	19

3.5	Perhitungan dengan metode <i>Direct Displacement Base Design</i> .....	19
3.6	Preliminary Desain .....	20
3.6.1	Preliminary desain balok .....	20
3.6.2	Preliminary desain kolom .....	20
3.6.3	Preliminary pelat .....	20
3.6.4	Perencanaan tangga.....	20
3.6.5	Perencanaan lift.....	21
3.6.6	Perencanaan balok anak.....	21
3.6.7	Perencanaan dinding geser .....	21
3.7	Kombinasi pembebanan .....	21
3.8	Penulangan struktur .....	22
3.8.1	Perencanaan tulangan balok.....	22
3.8.2	Perencanaan tulangan kolom .....	24
3.9	Output Gambar .....	24
<b>BAB IV</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1	Preliminary Desain .....	25
4.1.1	Pendahuluan.....	25
4.1.2	Data Perencanaan.....	25
4.1.3	Pembebanan .....	25
4.2	Perencanaan Dimensi .....	26
4.2.1	Perhitungan dimensi balok.....	26
4.2.2	Perhitungan dimensi pelat.....	28
4.2.2.1	Data perencanaan tebal pelat lantai .....	29
4.2.2.2	Perhitungan lebar efektif pelat.....	30
4.2.3	Perencanaan kolom .....	33
4.3	Pembebanan.....	36
4.3.1	Pembebanan gravitasi manual.....	36
4.3.2	Pembebanan menggunakan SAP 2000 .....	38
4.4	<i>Direct Displacement Based Design</i> .....	38
4.4.1	Pemilihan desain .....	38
4.4.2	Tinggi lentur dinding geser.....	39
4.4.3	Simpangan leleh dinding geser .....	39
4.4.4	Desain simpangan profil .....	42



4.4.5 Menghitung perpindahan rencana struktur .....	43
4.4.6 Menghitung massa efektif, tinggi efektif dan daktilitas struktur .....	44
4.4.7 Menghitung redaman ekuivalen .....	45
4.4.8 Menghitung gaya geser dasar .....	46
4.5 Analisa struktur .....	47
4.6 Perencanaan tulangan struktur utama .....	48
4.6.1 Perencanaan balok induk .....	48
4.6.1.1 Penulangan lentur .....	48
4.6.1.2 Penulangan geser .....	52
4.6.1.3 Penulangan torsi .....	56
4.6.1.4 Pemutusan tulangan .....	57
4.6.2 Perencanaan kolom .....	59
4.6.2.1 Data umum perencanaan kolom .....	59
4.6.2.2 Kontrol dimensi kolom .....	60
4.6.2.3 Penulangan longitudinal kolom .....	60
4.6.2.4 Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom ..	61
4.6.2.5 Kontrol kapasitas beban aksial kolom .....	62
4.6.2.6 Persyaratan “ <i>Strong Column Weak Beam</i> ” ..	62
4.6.2.7 Kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana .....	63
4.6.2.8 Pengekangan kolom .....	64
4.6.2.9 Panjang lewatan sambungan .....	66
4.6.2.10 Kontrol kebutuhan tulangan torsi .....	67
4.6.3 Perencanaan dinding geser .....	67
4.6.3.1 Data perencanaan dinding geser .....	67
4.6.3.2 Kontrol ketebalan minimum dinding geser ..	68
4.6.3.3 Kontrol dimensi penampang terhadap gaya geser .....	68
4.6.3.4 Penulangan geser <i>Shear wall</i> .....	68
4.6.3.5 Penulangan geser vertikal dan horizontal ...	69
4.6.3.6 Kontrol rasio tulangan vertikal dan horizontal .....	70
4.6.3.7 Kontrol spasi tulangan vertikal dan horizontal .....	70

4.6.3.8	Kontrol komponen batas.....	70
4.6.3.9	Penulangan pada komponen batas .....	71
4.6.3.10	Cek desain <i>Shearwall</i> dengan SPColumn ...	72
4.6.4	Hubungan balok kolom.....	73
4.6.4.1	Perencanaan hubungan balok kolom .....	74
4.6.4.2	Tulangan transversal pada HBK.....	74
4.6.4.3	Cek geser pada HBK .....	75
<b>BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....</b>		<b>77</b>
5.1	Perencanaan pelat .....	77
5.1.1	Data perencanaan pelat .....	77
5.1.2	Pembebanan pelat .....	77
5.1.3	Penulangan pelat .....	81
5.1.4	Penulangan pelat atap.....	82
5.1.5	Penulangan pelat lantai .....	87
5.1.6	Penulangan pelat basemen .....	87
5.2	Perencanaan Struktur Tangga.....	88
5.2.1	Tangga 1.....	88
5.1.2	Tangga 2.....	97
5.3	Perencanaan Tulangan Ramp .....	99
5.4	Perencanaan Balok Anak.....	105
5.4.1	Pembebanan balok anak atap .....	106
5.4.2	Penulangan balok anak atap.....	108
5.4.2.1	Perhitungan tulangan lentur lapangan .....	109
5.4.2.2	Perhitungan tulangan lentur tumpuan.....	111
5.5	Perencanaan Balok Lift .....	115
5.5.1	Perencanaan dimensi awal balok lift.....	116
5.5.2	Pembebanan balok lift.....	116
5.5.2.1	Pembebanan balok penggantung lift.....	117
5.5.2.2	Pembebanan balok penumpu lift .....	118
5.5.3	Penulangan balok lift .....	119
5.5.3.1	Penulangan balok penggantung lift .....	119
5.5.3.2	Penulangan balok penumpu lift .....	122

<b>BAB VI ANALISA NONLINEAR TIME HISTORY .....</b>	<b>123</b>
6.1 Pendahuluan .....	123
6.2 Tahapan – tahapan analisa <i>Nonlinear Time History</i> .....	123
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>147</b>
7.1 Kesimpulan.....	147
7.2 Saran.....	148

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**GAMBAR OUTPUT**

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

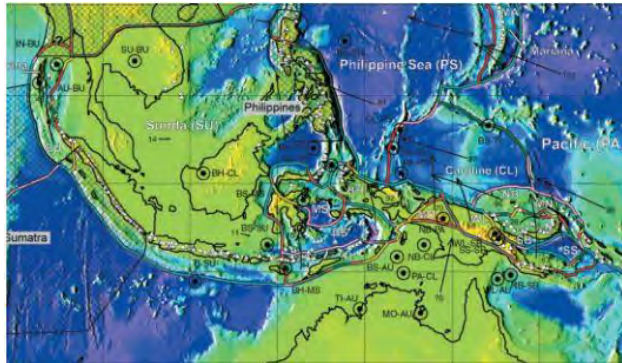
2.1	Redaman Ekuivalen untuk setiap tingkat kinerja struktur...	12
4.1	Preliminary Desain Balok Induk .....	27
4.2	Preliminary Desain Balok Anak .....	28
4.3	Beban yang diterima kolom lantai 12-Atap.....	34
4.4	Beban yang diterima kolom lantai 7-11 .....	35
4.5	Berat lantai atap .....	36
4.6	Berat lantai 1-16 .....	37
4.7	Berat dinding geser.....	37
4.8	Berat total gedung dari SAP 2000 .....	38
4.9	Tinggi lentur dinding geser .....	40
4.10	Simpangan leleh dinding geser .....	41
4.11	Perpindahan rencana struktur .....	43
4.12	Distribusi gaya per lantai.....	47
4.13	Penulangan balok induk .....	51
4.14	Penulangan geser balok induk bentang 9 m .....	52
4.15	Gaya dalam pada kolom .....	60
4.11	Perpindahan rencana struktur .....	43
4.12	Distribusi gaya per lantai.....	47
4.13	Penulangan balok induk .....	51
4.14	Penulangan geser balok induk bentang 9 m .....	52
4.15	Gaya dalam pada kolom .....	60
4.16	Tipe HBK .....	74
4.17	HBK Tipe A Kolom 80/80 .....	74
4.18	Tulangan pada HBK.....	74
4.19	Geser pada HBK.....	76
6.1	<i>Ground Motion</i> yang digunakan untuk perhitungan analisa <i>nonlinear time history</i> .....	99
6.2	<i>Scale Factor</i> dari Respon Spektrum gempa besar.....	99
6.3	Waktu ketika telah terjadi kondisi sendi plastis pada struktur .....	135
6.4	Defleksi maksimum yang terjadi.....	138

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu dari beberapa negara yang terletak di kawasan *Zona Seismic* Asia Tenggara, Indonesia adalah salah satu negara yang paling banyak aktifitas seismic-nya dan merupakan teraktif di dunia. Dikelilingi oleh lempeng Indo-Australia dan Pelat Laut Filipina yang meretas di bawah lempeng Eurasia dengan lima pulau besar dan beberapa semenanjung, Indonesia telah mengalami ribuan gempa bumi dan ratusan tsunami pada rentang empat ratus tahun terakhir (Aydan, 2008). Sejak 26 Desember 2004, terdapat 6 gempa besar di Indonesia yaitu gempa Aceh 2004 (skala 9.3), gempa Nias 2005 (skala 8.7), gempa Yogyakarta 2006 (skala 6.3), gempa Jawa wilayah Selatan 2006 (skala 7.7), gempa danau Singkarak 2007 (skala 6.3) dan gempa Bengkulu 2007 (skala 8.3) (Aydan, 2008). Kondisi tersebut memperkuat fakta, bahwa Indonesia merupakan daerah rawan terjadinya gempa sehingga perencanaan struktur bangunan tahan gempa menjadi penting.



**Gambar 1.1** Peta Lempeng Tektonik di Indonesia  
(Sumber : Aydan, 2008)

Bangunan tahan gempa yang telah ada pada umumnya direncanakan dengan menggunakan prosedur yang tertulis dalam peraturan perencanaan bangunan. Perhitungan gaya gempa pada metode tersebut dilakukan dengan analisis linier (elastis), sehingga tidak menunjukkan kinerja bangunan terhadap gempa secara langsung (Muntafi, 2012). Tren perencanaan terkini yaitu *Performance Based Seismic Design* yang memanfaatkan teknik analisis non-linier berbasis komputer untuk menganalisa perilaku inelastis struktur dari berbagai macam intensitas gerakan tanah (gempa), sehingga dapat diketahui kinerjanya dengan menentukan defleksi dari gedung tersebut. Selanjutnya dapat dilakukan tindakan bilamana tidak memenuhi persyaratan yang diperlukan (Dewobroto, 2006). Dalam metode *Performance Base Design* terdapat tiga metode yaitu *Spectrum Approach*, *The N2 Method* dan *Direct Displacement Base Design* (Priestley, 2000).

Dalam Tugas Akhir ini, penulis akan membahas bagaimana proses perencanaan gedung RSUD Koja, Jakarta Utara dengan menggunakan metode *Performance Base Design* dengan meninjau struktur bangunan dalam kondisi inelastis sehingga diharapkan gedung RSUD Koja Jakarta Utara dapat mencapai kondisi batas dan *displacement* yang direncanakan dengan tetap memperhatikan keamanan dan kenyamanan penghuni.

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1 Masalah Utama**

Bagaimana merencanakan struktur gedung beton bertulang (Rumah Sakit) di Jakarta Utara dengan menggunakan metode *Performance Based Design* ?

### **1.2.2 Detail Masalah**

Detail masalah yang akan ditinjau pada perencanaan ini adalah :

1. Bagaimana menentukan target *design displacement* dan batas *drift* struktur?
2. Bagaimana menentukan gaya geser dasar dan gaya perlantai?



3. Bagaimana menentukan Preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder pada struktur gedung RSUD Koja Jakarta Utara ?
4. Bagaimana kondisi struktur gedung RSUD Koja Jakarta utara pada saat struktur telah mencapai kondisi inelastik ?
5. Bagaimana mendapatkan perencanaan gedung RSUD Koja Jakarta Utara menggunakan metode *performance based design* yang memenuhi target *design displacement* dan batas drift?
6. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan struktur gedung RSUD Koja Jakarta Utara ke dalam gambar teknik ?

### **1.3 Tujuan**

#### **1.3.1 Tujuan Utama**

Mampu merencanakan struktur gedung beton bertulang (Rumah Sakit) di Jakarta Utara dengan menggunakan metode *Performance Base Design*.

#### **1.3.2 Detail tujuan**

Detail tujuan dari perencanaan gedung RSUD Koja Jakarta Utara ini adalah :

1. Menentukan target *design displacement* dan batas *drift* struktur.
2. Menentukan gaya geser dasar dan gaya perlantai.
3. Menentukan Preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder pada struktur gedung RSUD Koja Jakarta Utara.
4. Mengetahui kondisi struktur gedung RSUD Koja Jakarta utara pada saat struktur telah mencapai kondisi inelastik.
5. Mendapatkan perencanaan gedung RSUD Koja Jakarta Utara menggunakan metode *performance based design* yang memenuhi target *design displacement* dan batas drift.
6. Menuangkan hasil perencanaan dan perhitungan struktur gedung RSUD Koja Jakarta Utara ke dalam gambar teknik.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

1. Hanya merencanakan perencanaan struktur bangunan bagian atas yaitu struktur pelat, kolom, balok, struktur sekunder seperti tangga dll.
2. Perencanaan ini tidak membahas sistem utilitas gedung, perencanaan pembuangan air kotor, saluran air bersih, instalasi / jaringan listrik, finishing, dsb;

#### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat yang didapatkan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengaplikasikan teori yang didapat selama masa perkuliahan
2. Memberikan referensi mengenai rancang bangun menggunakan metode *Performance Based Design*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas mengenai dasar teori dari perencanaan bangunan menggunakan metode *Performance Base Design*.

#### **2.2 Struktur Berbasis Kinerja (*Performance Base Design*)**

*Performance Based Design* adalah suatu konsep yang menetapkan tingkat kinerja (*performance level*) yang diharapkan dapat dicapai saat struktur dilanda gempa dengan intensitas tertentu (Muntafi, 2012). Penetapan tingkat kinerja suatu struktur bangunan dapat didasarkan pada aturan tingkat keselamatan yang diberikan kepada penghuni gedung saat dan sesudah gempa terjadi serta mempertimbangkan aspek biaya dan kerusakan pada bangunan pasca gempa. Dengan kata lain, tingkat kinerja merupakan tingkatan suatu kerusakan maksimum yang masih diijinkan sesuai dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu dari pemilik bangunan. Penetapan perencanaan tingkat kinerja suatu bangunan dapat didasarkan pada beberapa acuan yang biasa digunakan, seperti FEMA 356, FEMA 440 dan ATC 40. Berdasarkan ATC-40 terdapat 6 tingkat kinerja struktur yaitu :

##### **1. Immediate occupancy (IO) SP-1**

Kerusakan yang diakibatkan oleh gempa sangat terbatas terjadi. Bangunan dapat sepenuhnya melawan gaya geser dasar vertikal maupun horizontal yang terjadi. Resiko yang mengancam keselamatan manusia dan kegagalan struktur yang mungkin terjadi pada bangunan yang didesain pada kondisi immediate occupancy harus sekecil mungkin. Struktur yang didesain pada kategori ini adalah struktur bangunan yang berfungsi sebagai sarana penyelamatan, struktur bangunan yang menyimpan barang

berbahaya, atau struktur yang dapat mempengaruhi ekonomi nasional.

## 2. Damage Control (DC) SP-2

Kategori ini sebenarnya bukan merupakan tingkatan yang spesifik, tetapi merupakan transisi diantara immediate occupancy dan life safety. Kategori desain ini dimaksudkan untuk membatasi kerusakan struktur sampai melampaui ketentuan-ketentuan yang dapat mengancam terjadinya korban jiwa, seperti yang ditetapkan pada tingkat life safety. Tetapi sistem struktur gempa yang disyaratkan pada tingkatan immediate occupancy. Struktur bangunan boleh rusak, namun tidak runtuh. Contohnya adalah perkuatan struktur untuk bangunan bersejarah dan bangunan yang menjadi tempat untuk barang-barang berharga.

## 3. Life Safety SP-3

Desain struktur bangunan terlalu daktail. Komponen structural boleh saja mengalami kerusakan, tetapi tidak diperkenankan terjadi keruntuhan yang dapat mengancam jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah) bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural dan non-struktural pasca gempa terjadi. Contoh bangunan yang termasuk dalam kategori ini adalah gedung perkantoran, perumahan, gudang, dan lain-lain.

## 4. Limited Safety life (LSL) SP-4

Kategori ini sebenarnya bukan merupakan tingkatan yang spesifik, tetapi merupakan transisi diantara life safety dan structural stability. Struktur lebih baik dari tingkatatan structural stability dan lebih rendah dari tingkatan life safety, tanpa mempertimbangkan aspek ekonomis dalam melakukan perbaikan pasca gempa terjadi.

## 5. Structural stability (SS) SP-5

Dalam kategori desain ini, struktur bangunan pasca gempa terjadi adalah diambang keruntuhan total maupun parsial. Komponen struktur penahan beban gravitasi masih bekerja meskipun keseluruhan kestabilan struktur sudah diambang keruntuhan. Kejatuhan material-material komponen bangunan mungkin saja terjadi pasca struktur dilanda gempa.

## 6. Not Considered SP-6

Bukan merupakan tingkat kinerja struktur, tetapi hanya untuk melakukan evaluasi seismic non-struktural atau retrofit.

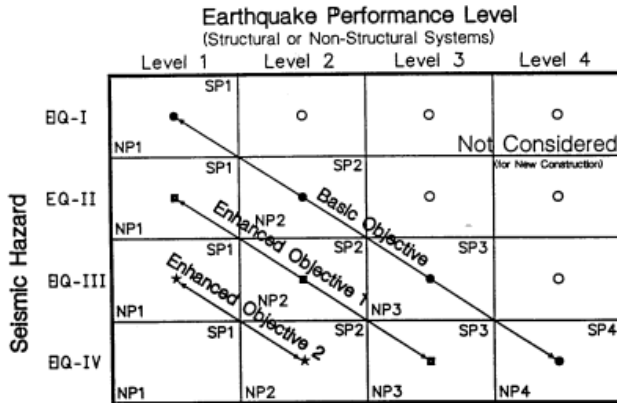
### **2.3 Metode *Direct Displacement Based Design***

Perencanaan gedung dengan menggunakan metode *Direct Displacement-Based Design* bertujuan untuk mencapai target *displacement* dan kinerja batas sesuai yang direncanakan sehingga hasil kinerja diharapkan dapat lebih mendekati target *design* awal.

Berikut merupakan langkah – langkah metode *direct displacement based design* :

#### 1. Menentukan Kinerja Bangunan

Langkah paling awal dalam perencanaan struktur bangunan *performance based design* dengan metode Priestley adalah menentukan sasaran kinerja bangunan (Priestley,2000)



Gambar 2.1 Hubungan antara desain gempa dengan level performance  
(Sumber : Priestley,2000)

## 2. Preliminary Design

Pada tahap preliminary design dimensi dari balok, kolom dan pelat dihitung sesuai dengan menggunakan persyaratan SNI-03-2847-2013

## 3. Menghitung Tinggi Lentur Dinding dan Simpangan Leleh Dinding

Tinggi Lentur Dinding :

$$M_{w,I} = M_{i+1} + V_{i+1} (H_{i+1} - H_i) \quad [2.1]$$

Simpangan Leleh Dinding :

$$\text{Untuk } H_i < M_{w,I}, \Delta_{yi} = \varphi_y \left( \frac{H_i^2}{2} - \frac{H_i^3}{6 H_{CF}} \right) \quad [2.2]$$

$$\text{Untuk } H_i > M_{w,I}, \Delta_{yi} = \varphi_y \left( \frac{H_{CF} H_i}{2} - \frac{H_{CF}^2}{6} \right) \quad [2.3]$$

#### 4. Menghitung Perpindahan Rencana Struktur

Perpindahan lateral pada setiap tingkat untuk struktur rangka menurut (Loeding, 1998) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Untuk } n \leq 4, \quad \Delta_i = \theta_d \times h_i \quad [2.5]$$

$$\text{Untuk } 4 < n \leq 20 \quad \Delta_i = \theta_d \times h_i \left( 1 - \frac{0,5(n-4)h_i}{16hn} \right) \quad [2.6]$$

$$\text{Untuk } n > 20 \quad \Delta_i = \theta_d \times h_i \left( 1 - \frac{0,5h_i}{16hn} \right) \quad [2.7]$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Perpindahan lateral lantai ke-i

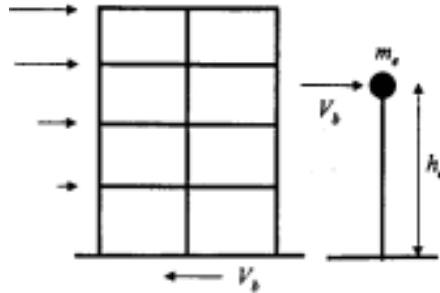
$\theta_d$  = *drift* rencana

n = jumlah lantai

$h_i$  = tinggi lantai ke-i dari dasar

$h_n$  = tinggi lantai ke-n

Struktur berderajat kebebasan banyak (multi degree of freedom / MDOF) yang diidealisasikan menjadi struktur berderajat tunggal (single degree of freedom / SDOF) sederhana masih dapat diprediksi responnya dengan baik. Oleh karena itu struktur berderajat banyak dalam metode Priestley dinyatakan dalam struktur berderajat kebebasan tunggal ekivalen sebagai struktur pengganti (Priestley, 2000).



Gambar 2.2 Simulasi SDOF  
(Sumber: Priestley,2000)

Besarnya perpindahan rencana struktur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta_d = \frac{\sum_i^n m_i x_i \Delta_i}{\sum_i^n m_i x_i \Delta_i} \quad [2.8]$$

Dimana:

$\Delta_d$  = perpindahan struktur SDOF ekuivalen

$M_i$  = massa lantai ke-i

#### 5. Menghitung Massa Efektif, Tinggi Efektif, dan Daktilitas Struktur

Parameter-parameter yang dibutuhkan dalam mengidentifikasi struktur SDOF ekuivalen yaitu masa efektif, tinggi efektif, dan daktilitas struktur dapat dihitung setelah perpindahan struktur SDOF diketahui. Untuk menghitung masa efektif,  $m_e$  digunakan persamaan berikut ini,

$$m_e = \frac{\sum_i^n m_i x_i \Delta_i}{\Delta_d} \quad [2.9]$$

Dimana:

$m_e$  = masa struktur SDOF ekuivalen

Tinggi efektif untuk struktur SDOF ekuivalen dapat dihitung dengan persamaan berikut:



$$h_e = \frac{\sum_i^n m_i x_i h_i}{\sum_i^n m_i x_i} \quad [2.10]$$

Dimana:

$h_e$  = Tinggi efektif struktur SDOF ekuivalen

$h_i$  = tinggi lantai ke-i dari dasar

Besarnya perpindahan leleh struktur pada tinggu efektif dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$\Delta_y = \theta_y \times h_y \quad [2.11]$$

Dimana:

$\Delta_y$  = perpindahan leleh struktur SDOF ekuivalen

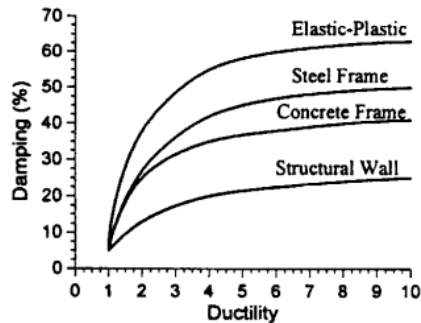
Daktilitas struktur dapat dihitung dengan membagi perpindahan struktur dengan perpindahan leleh sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\Delta_y}{\Delta_d} \quad [2.12]$$

## 6. Menghitung Redaman Ekuivalen

Beberapa metode perhitungan untuk mendapatkan nilai redaman ekuivalen, yaitu sebagai berikut :

### a. Redaman Priestley



Gambar 2.3 Redaman Ekuivalen  
(Sumber : Priestley, 2000)

b. Redaman Ekivalen SEAOC (SEAOC, 1999)

SEAOC menetapkan redaman ekivalen untuk setiap tingkat kinerja struktural besarnya dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 2.1 Redaman Ekuivalen Untuk Setiap Tingkat Kinerja Struktur

Tingkat Kinerja			
SP-1	SP-2	SP-3	SP-4
5 %	18 %	25 %	28 %

c. Redaman shibata-sozen (Nagao,T., Mukai,H., dan Nishikawa)

Redaman ekivalen dihitung menurut persamaan sebagai berikut :

$$\epsilon_{eq} = 0,2 \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}} \right] + \epsilon_{el} \quad [2.13]$$

d. Redaman ATC-55 (ATC-55, 2001)

Redaman ekivalen dihitung menurut persamaan sebbagai berikut :

$$\epsilon_{eq} = 0,25 \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{\mu}} \right] + \epsilon_{el} \quad [2.14]$$

7. Menghitung Waktu Getar Efektif dan Kekauan Efektif

Hubungan antara spectra percepatan dan spectra perpinfahan dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$S_a = \omega^2 \times S_d \quad [2.15]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad [2.16]$$

Maka dapat dihitung,

$$S_a = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \times S_d \quad [2.17]$$

Persamaan tersebut diatas juga dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut,

$$\Delta_{(T, \epsilon)} = \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 \times S_{d(T, \epsilon)} \quad [2.18]$$

Dimana:

Sa = spectra percepatan

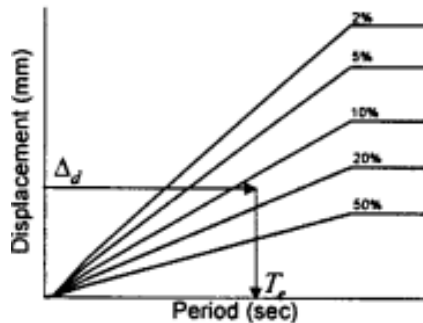
Sd = spectra perpindahan

$\omega$  = frekuensi alami

$\Delta_{(T, \epsilon)}$  = perpindahan untuk waktu getar T dan redaman  $\epsilon\%$

T = waktu getar

Perencanaan berbasis perpindahan menggunakan spectra perpindahan dengan redaman tertentu. Perencanaan berbasis perpindahan menggunakan beberapa spectra perpindahan dengan beberapa nilai redaman.



Gambara 2.4 respon spektra perpindahan desain  
(Sumber : Priestley, 2010)

Waktu getar efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$T_{\text{eff}} = P \times \frac{\Delta_d}{\Delta_{(p,5)}} \times \left[ \frac{2 + \epsilon}{7} \right]^{0,5} \quad [2.19]$$

Dimana:

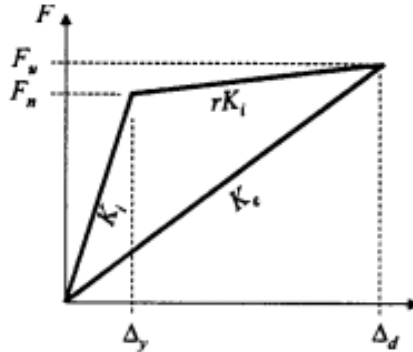
$T_{\text{eff}}$  = waktu getar efektif

P = waktu getar refrensi

$\Delta_{(p,5)}$  = pepindahan untuk waktu getar P dan redaman 5%

$\epsilon$  = redaman struktur yang merupakan redaman ekuivalen

Perencanaan berbasis perpindahan menggunakan kekakuan efektif ( $K_{\text{eff}}$ ) atau *secant stiffness* pada saat perpindahan ultimate ( $\Delta_u$ ) dimana struktur sudah mengalami respon inelastis. Kurva histeresis dapat dimodelkan secara bi-linear.



Gambar 2.5 Kekakuan efektif struktur  
(Sumber : yosafat, 2012)

Besarnya kekakuan efektif pada saat perpindahan ultimate dapat dicari dengan menggunakan invers persamaan periode alami untuk struktur SDOF yaitu sebagai berikut,

$$T_{\text{eff}} = 2 \times \pi \sqrt{\frac{m_e}{K_{\text{eff}}}} \quad [2.20]$$

Menjadi,

$$K_{\text{eff}} = \frac{4 \times \pi^2 \times m_e}{T_{\text{eff}}^2} \quad [2.21]$$

Dimana:

$K_{\text{eff}}$  = kekakuan efektif

#### 8. Menghitung Gaya Geser Dasar

Dengan mendapatkan nilai kekakuan efektif dan perpindahan struktur SDOF, maka gaya geser ultimate dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$V_u = K_{\text{eff}} \times \Delta_d \quad [2.22]$$

Karena gaya geser yang dipakai dalam perencanaan adalah gaya geser dasar pada saat leleh pertama, maka diasumsikan gaya geser dasar ultimate dikoreksi menjadi gaya geser dasar pada saat leleh pertama dengan cara membaginya dengan faktor kuat lebih total struktur,

$$V = \frac{V_u}{f} \quad [2.23]$$

Dimana:

$V_u$  = gaya geser dasar ultimate

$V$  = gaya geser dasar rencana

Setelah mendapatkan gaya geser dasar rencana, maka gaya tersebut akan didistribusikan ke masing-masing lantai seperti persamaan berikut:

$$F_i = \frac{m_i \times \Delta_i}{\sum m_i \times \Delta_i} \times V \quad [2.24]$$

Dimana:

$F_i$  = distribusi gaya geser dasar ke lantai-i

#### 9. Menjalankan Analisa Struktur SAP2000 dengan Gaya Geser Dasar Baru

Nilai dari Gaya Geser Dasar yang telah didapatkan dengan menggunakan Metode *Direct Displacement Base Design* kemudian dimasukkan ke dalam SAP 2000 untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gaya gempa yang telah didapatkan dengan menggunakan metode *Performance Base Design*.

#### 10. Menghitung Penulangan Struktur

Perhitungan penulangan struktur disesuaikan dengan tahapan 3.10 yang sesuai dengan peraturan SNI-03-2847-2013 untuk memastikan perhitungan penulangan sesuai dengan peraturan yang telah berlaku.

*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

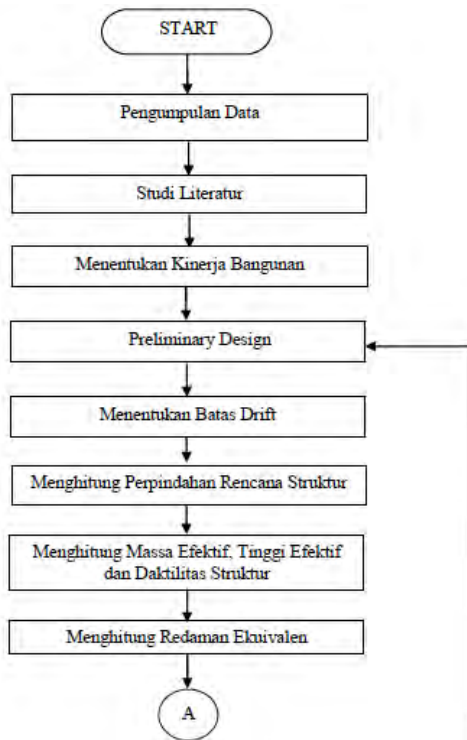
## BAB III METODOLOGI

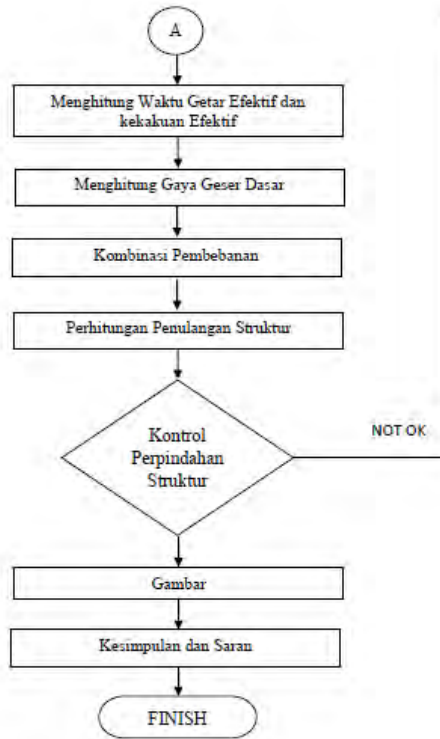
### 3.1 Umum

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir, maka perlu disusun langkah-langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang dilakukan. Urutan pelaksanaannya dimulai dari pengumpulan data, pedoman perancangan dan sampai tujuan akhir dari analisa struktur yang akan disajikan.

### 3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Lingkup pekerjaan yang akan dilaksanakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini akan diterangkan sesuai bagan alir di bawah ini :





**Gambar 3.1** Bagan alir penyelesaian Tugas Akhir

### 3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan berupa :

#### 3.3.1 Data Umum Bangunan

- Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta Utara
- Tipe Bangunan : Rumah Sakit
- Lokasi Bangunan : Jl. Deli no. 4 Jakarta Utara
- Jumlah Lantai : 16 Lantai dan 1 Basemen
- Ketinggian Lantai :



- Basement : 4,00 m
- Lantai 1 - 16 : 4,00 m
- Tinggi Total Gedung :  $\pm 68$  meter

### 3.3.2 Data Bahan

- Mutu Beton :
  - Kolom, Wall :  $F'c = 40$  MPa
  - Balok & Sloof :  $F'c = 30$  MPa
  - Pelat :  $F'c = 25$  MPa
- Mutu Tulangan :  $F_y = 400$  MPa :
  - $D \geq 13$  mm
- Data Gambar : Terlampir

### 3.4 Studi Literatur

Perencanaan Struktur Gedung RSUD Koja Jakarta Utara menggunakan beberapa peraturan perencanaan yang berlaku, yaitu :

1. SNI 03-2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
2. SNI 02-1726-2012 Struktur Gedung Tahan Gempa
3. Pedoman perancangan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung 1983
4. Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 (PBI 1971)
5. ATC-40 *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*

### 3.5 Perhitungan dengan Metode *Direct Displacement Based Design*

Metode *Direct Displacement Based Design* dilakukan sesuai dengan langkah-langkah yang terdapat pada BAB II sehingga didapatkan perpindahan Struktur rencana dan Gaya Geser Dasar.

### **3.6 Preliminary Desain**

Preliminary desain dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal struktur sesuai dengan ketentuan SNI 03-2847-2013, yaitu:

#### **3.6.1 Preliminary Desain balok**

Perencanaan dimensi balok diawali dengan penentuan tinggi minimum balok berdasarkan SNI-03-2847-2013 Ps 9.5.2 tabel 9.5(a), perhitungan pembebanan pada balok dan penulangan. Untuk koefisien momen menggunakan PBI 1971 halaman 199 tabel 13.2.

#### **3.6.2 Preliminary Desain kolom**

Perencanaan kolom menggunakan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 7.8 dan 8.10.

#### **3.6.3 Perencanaan pelat**

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2013. Pasal 9.5.3.3.

#### **3.6.4 Perencanaan tangga**

Perencanaan tangga didesain dengan mengasumsikan perletakan yang digunakan adalah sendi – rol. Syarat perencanaan tangga harus memenuhi syarat berikut ini :

- $64 \leq 2.t + i \leq 65$
- Syarat kemiringan tangga :  $20 \leq \alpha \leq 40$

Dimana :

l = Lebar injakan

t = Tinggi tanjakan

$\alpha$  = Kemiringan tangga

### 3.6.5 Perencanaan lift

Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift. Ruang landasan diberi kelonggaran (lift pit) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak menumbuk dasar landasan, disamping berfungsi pula menahan lift apabila terjadi kecelakaan, misalnya tali putus. Perencanaan ini mencakup perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift

### 3.6.6 Perencanaan balok anak

Perencanaan balok anak menggunakan ketentuan momen yang bekerja pada balok sesuai dengan PBI 1971 halaman 199 tabel 13.2 untuk koefisien momen dan tebal minimum balok sesuai dengan SNI-03-02847-2013 Ps 9.5.2 tabel 9.5(a)

### 3.6.7 Perencanaan dinding geser

Dinding geser direncanakan sebagai system penahan gempa, perencanaan dinding geser menggunakan SNI-03-1726-2012.

## 3.7 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi Pembebanan Sesuai dengan SNI 03-1726-2012 pasal 4.2.2 yaitu :

1.  $1.4 D$
2.  $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$
3.  $1.2 D + 1.6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1.2 D + 1.0 E + L$
5.  $0.9 D + 1.0 E$

### 3.8 Penulangan struktur

#### 3.8.1 Perencanaan tulangan balok

Tulangan pada balok dibagi menjadi dua, yaitu tulangan longitudinal dan tulangan transversal. tulangan longitudinal dihitung dengan menggunakan beberapa kondisi dan syarat yang diatur dalam SNI 2847. Untuk tulangan transversal tedapat momen probable yang disebabkan karena gempa dari arah kiri dan gempa dari arah kanan. Dalam tulangan transversal juga dibedakan menjadi tulangan transversal untuk sendi plastis dengan tulangan transversal diluar sendi plastis yang semuanya diatur dalam SNI 2847.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan penulangan longitudinal balok:

1. Menentukan data-data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$ , dan  $\mu$
2. menentukan harga  $\beta_1$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0.85\beta_1 f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\max} = 0.75\rho_b$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25x\sqrt{f'_c}}{f_y}$$

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

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c'}$$

5. Menentukan Rn

$$Rn = \frac{Mn}{\phi b d^2}$$

Diketahui harga  $\phi = 0.75$

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

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

Dimana :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari  $\rho$  yang didapat

$$\rho = \frac{As}{bxd} \longrightarrow As = \rho x b x d$$

8. Menentukan jumlah dan jarak tulangan

$$\text{Jumlah, tulangan} = \frac{As_{\text{perlu}}}{1/4 \times \pi \times \phi^2} \quad \text{Jarak, tulangan} = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1}$$

Rumus yang digunakan dalam perhitungan penulangan transversal balok:

$$a = \frac{As \times (1,25 \times f_y)}{0.85 \times f_c' \times b}$$

$$M_{pr} = As (1,25 \times f_y) \times \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} - \frac{W_u \times Ln}{2}$$

$$\frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} < 0,2 \times A_g \times f_c'$$

$$A_v = 2 \times 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$S = A_v \times f_y \times d / V_s$$

### **3.8.2 Perencanaan tulangan kolom**

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 23.5.1.

### **3.9 Output Gambar**

Hasil analisa baik dari struktur sekunder dan struktur utama dituangkan dalam gambar teknik yang mampu menjelaskan secara nyata hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu sipil AutoCAD sesuai standar yang ada.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Preliminary Desain

#### 4.1.1 Pendahuluan

Tahap yang pertama dalam perencanaan gedung dengan metode dual system ini adalah preliminary design yang digunakan untuk menentukan dimensi awal dari bagian-bagian struktur bangunan sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pada SNI 03-2847-2012. Perencanaan dilakukan pada struktur sekunder dan struktur utama. Perencanaan dilakukan pada komponen struktur balok induk, balok anak, pelat dan kolom.

#### 4.1.2 Data Perencanaan

- Nama Gedung : RSUD Koja Jakarta Utara
- Tipe Bangunan : Rumah Sakit
- Jumlah Lantai : 16 Lantai
- Ketinggian Lantai : Basement = 4 m  
Lantai 1-16 = 4 m
- Tinggi Total : 68 meter
- Struktur Bangunan : Beton Bertulang (*Dual System*)
- Mutu Beton : Kolom = 40 MPa  
Balok = 40 MPa  
Pelat = 25 MPa  
Tangga = 30 MPa
- Mutu Tulangan : 400 MPa

#### 4.1.3 Pembebanan

##### 1. Beban Gravitasi

- Beban Mati (PPIUG 1983)
  - a. Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>3</sup>
  - b. Adukan finishing (spesi) : 21 kg/m<sup>3</sup>
  - c. Tegel : 24 kg/m<sup>3</sup>

- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| d. Dinding ½ bata     | : 250 kg/m <sup>2</sup> |
| e. Plafond            | : 11 kg/m <sup>2</sup>  |
| f. Penggantung        | : 7 kg/m <sup>2</sup>   |
| g. Plumbing + Ducting | : 30 kg/m <sup>2</sup>  |
- **Beban Hidup**

a. Lantai Atap	: 100 kg/m <sup>2</sup>
b. Lantai Rumah Sakit	: 250 kg/m <sup>2</sup>
c. Lantai Rawat Inap	: 287 kg/m <sup>2</sup>
d. Lantai <i>Basement</i>	: 800 kg/m <sup>2</sup>
e. Pelat Tangga	: 300 kg/m <sup>2</sup>

## 4.2 Perencanaan Dimensi

### 4.2.1 Perhitungan dimensi balok

Penentuan tinggi balok minimum ( $h_{\min}$ ) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps. 9.5.2 (tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk  $f_y$  selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan  $(0.4 + \frac{f_y}{700})$ .

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \times (0.4 + \frac{f_y}{700})$$

$$b = \frac{1}{2} \cdot h$$

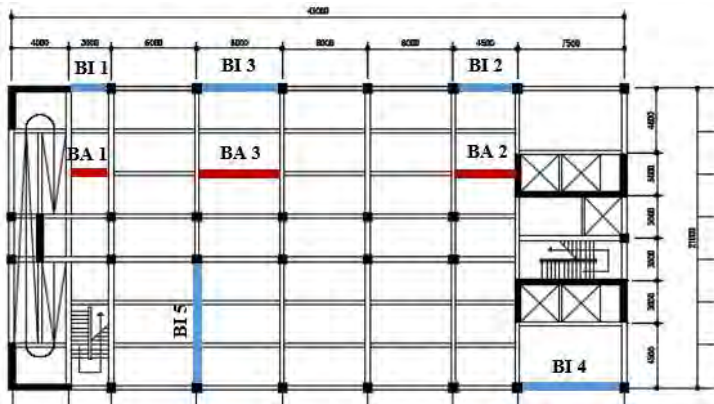
Dimana :

L = panjang balok (m)

h = tinggi balok (m)

b = lebar balok (m)





**Gambar 4.1** Jenis balok gedung RSUD Koja

Dari gambar 4.1 dapat dilihat variasi balok yang ditinjau. Sehingga diperoleh perencanaan dimensi balok induk seperti berikut :

**Tabel 4.1** Preliminary Desain Balok Induk

Balok	Bentang	Arah	h min	h pakai	b min	b pakai	Dimensi
BI 1	3	Memanjang	0.182	0.6	0.3	0.3	30/60
BI 2	4.5	Memanjang	0.273	0.6	0.3	0.3	30/60
BI 3	6	Memanjang	0.364	0.6	0.3	0.3	30/60
BI 4	7.5	Memanjang	0.455	0.6	0.3	0.3	30/60
BI 5	9	Melintang	0.546	0.6	0.3	0.3	30/60

Berdasarkan **tabel 4.1**, dimensi balok induk memanjang dan melintang 30/60 cm

Dimensi balok anak direncanakan dengan menggunakan asumsi balok anak sebagai balok pada dua tumpuan menerus, dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{L}{21} \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot h$$

Dimana :

L = panjang balok (m)

h = tinggi balok (m)

b = lebar balok (m)

**Tabel 4.2** Preliminary Desain Balok Anak

Balok	Bentang	Arah	h min	h pakai	b min	b pakai	Dimensi	
BA 1	3	Memanjang	0.143	0.45	0.3	0.3	0.3	0.45
BA 2	4.5	Memanjang	0.214	0.45	0.3	0.3	0.3	0.45
BA 3	6	Memanjang	0.286	0.45	0.3	0.3	0.3	0.45

#### 4.2.2 Perhitungan Dimensi Pelat

Perencanaan tebal pelat menggunakan perhitungan yang dibagi dalam dua jenis, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat diasumsikan hanya menerima beban gravitasi, hal ini dikarenakan permodelan struktur yang digunakan menggunakan system rangka pemikul momen. Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis. Perhitungan dimensi plat berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.3 :

- Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  menggunakan pasal 9.5(3(2))
- Untuk  $0,2 < \alpha_m < 2$  ketebalan minimum plat harus

$$\text{memenuhi } h_1 = \frac{L_n \times \left[ 0.8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta[\alpha_m - 0.2]} \text{ dan tidak boleh}$$

kurang dari 120 mm

- Untuk  $\alpha_m \geq 2$  ketebalan minimum plat harus memenuhi

$$h_2 = \frac{L_n \times \left( 0.8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \text{ dan tidak boleh kurang dari } 90$$

mm

$L_n$  = Panjang bentang bersih

- $S_n$  = Lebar bentang bersih  
 $f_y$  = Tegangan Leleh Baja  
 $\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah  
 $\alpha_m$  = Nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Harga  $\alpha_m$  didapat dari:

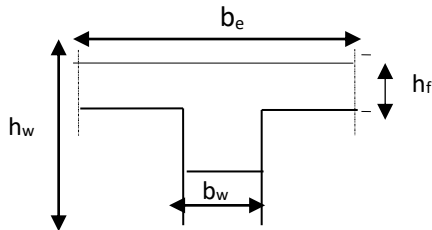
$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{plat} I_{plat}} \quad I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad I_{plat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right) + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) x \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok :

Balok Tengah :



Nilai  $b_e$  :

$$b_e = 1/4 L_y$$

$$b_e = b_w + 16 h_f$$

dari kedua nilai  $b_e$  tersebut diambil yang terkecil.

#### 4.2.2.1 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

- Mutu beton : 30 MPa
- Mutu Baja : 400 MPa

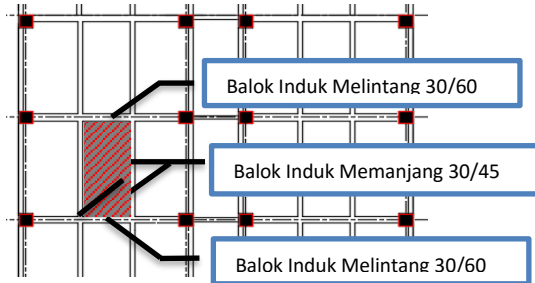
- Rencana tebal pelat lantai dan atap : 15 cm
- Rencana tebal pelat basement : 20 cm

#### 4.2.2.2 Perhitungan lebar efektif pelat

$\beta < 2$  ..... tulangan dua arah

$\beta > 2$  ..... tulangan satu arah

$\beta$  = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah.



**Gambar 4.2** Dimensi dan Letak Pelat yang direncanakan

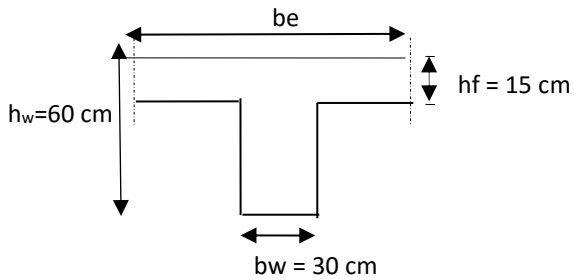
Daerah yang diarsir pada gambar 4.2 menunjukkan pelat yang ditinjau maka, didapat :

$$L_{yn} = 600 \text{ cm} - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 570 \text{ cm}$$

$$L_{xn} = 300 \text{ cm} - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 270 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_{yn}}{L_{xn}} = \frac{570}{270} = 2.11 > 2 \quad (\text{Pelat 1 arah})$$

Balok induk Melintang (30 x 60),  $L_y = 600$  cm



$$b_e = \frac{1}{4} L_y = \frac{1}{4} (570) = 142.5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 16 h_f \\ &= 30 + (16 \times 15) \\ &= 270 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai  $b_e = 142.5$  cm

$$K = \frac{1 + \left(\frac{142.5}{30} - 1\right) x \left(\frac{15}{60}\right) x \left[4 - 6\left(\frac{15}{60}\right) + 4\left(\frac{15}{60}\right)^2 + \left(\frac{142.5}{30} - 1\right) x \left(\frac{15}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{142.5}{30} - 1\right) x \left(\frac{15}{60}\right)} = 1.875$$

$$I_{\text{balok}} = K \cdot b_w \cdot \frac{h_w^3}{12} = 1.875 \times 30 \times \frac{60^3}{12} = 1012568 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{plat}} = L_y \cdot \frac{h_f^3}{12} = 600 \times \frac{15^3}{12} = 168750 \text{ cm}^4$$

Karena  $E_c \text{ balok} = E_c \text{ plat}$

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{plat}}} = \frac{1012568}{168750} = 6$$

Dengan cara yang sama untuk balok induk melintang dan balok anak melintang maka didapat nilai  $\alpha$  sebagai berikut

$$\text{Balok induk melintang} = 6$$

$$\text{Balok induk melintang} = 6$$

$$\text{Balok anak memanjang} = 2.5375$$

$$\text{Balok anak memanjang} = 2.5.375$$

$$\text{Jadi } \alpha_m = \frac{1}{4} \times (6+6+2.5375+2.5375) = 4.269 > 2$$

Bedasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 9.5(3(3))* yang mana  $\alpha_m \geq 2$  maka ketebalan plat minimum adalah

$$h = \frac{570 \left( 0.8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + 9 \times 2.11} = 11.055 \text{ cm} > 9 \text{ cm}$$

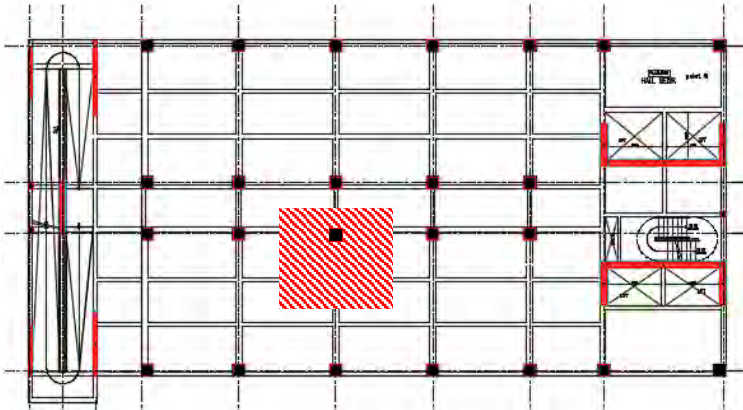
Untuk faktor kenyamanan gunakan tebal pelat lantai 15 cm. Tebal rencana pelat 15 cm memenuhi persyaratan tebal minimum.

Jadi didapatkan 2 jenis ukuran pelat dengan menggunakan perhitungan yang sama dengan diatas, yaitu :

- Pelat pada lantai : 15 cm
- Pelat pada basemen : 30 cm

### 4.2.3 Perencanaan Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.



**Gambar 4.3** Kolom yang Ditinjau sebagai Desain Awal

Seperti yang terlihat pada gambar 4.3. kolom yang hendak direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 600 x 565 .  
Direncanakan :

Tebal Pelat = 15 cm = 150 mm

Tinggi tiap lantai = 400 cm

Dimensi balok Induk 30/60

Dimensi Balok Anak 30/45

Beban beban yang terjadi berdasarkan PPIUG 1983, yang diberikan di tiap lantainya sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 4 tingkatnya. Ukuran kolom dapat di diperhitungkan sebagai berikut.

**Tabel 4.3** Beban yang diterima kolom lantai 12-Atap

<b>Pelat Atap</b>							
beban mati	berat sendiri	b	L	t	x lantai	berat	
Pelat lantai atap(15cm)	2400	6	5.8	0.15	1	1	12528
penggantung	7	6	5.8		1	1	243.6
plafon	11	6	5.8		1	1	382.8
Tegel	24				1	1	0
spesi	21	6	5.8		1	1	730.8
aspal	14	6	5.8		1	1	487.2
Dacting dan Plambing	30	6	5.8		1	1	1044
Balok Induk melintang 30/60	2400	0.3	6	0.6		1	2592
Balok Induk memanjang 30/60	2400	0.3	5.8	0.6		1	2505.6
Balok Anak memanjang 30/45	2400	0.3	6	0.45		1	1944
dinding	250						0
Kolom (100/100)	2400						0
						<b>WD</b>	<b>22458</b>
<b>Beban Hidup</b>							
Lantai atap	100	6	5.8			1	3480
Air Hujan	20	6	5.8			1	696
						<b>WL</b>	<b>4176</b>
<b>Pelat lantai 16 - 13</b>							
beban mati	berat sendiri	b	L	t	x lantai	berat	
Pelat lantai atap(15cm)	2400	6	5.8	0.15	4	4	50112
penggantung	7	6	5.8		1	4	974.4
plafon	11	6	5.8		1	4	1531.2
Tegel	24	6	5.8		1	4	3340.8
spesi	21	6	5.8		1	4	2923.2
aspal	14				1	4	0
Dacting dan Plambing	30	6	5.8		1	4	4176
Balok Induk melintang 30/60	2400	0.3	6	0.6		4	10368
Balok Induk memanjang 30/60	2400	0.3	5.8	0.6		4	10022.4
Balok Anak melintang 30/45	2400	0.3	6	0.45		4	7776
dinding	250					4	0
Kolom (100/100)	2400	1	1		4	4	38400
						<b>WD</b>	<b>129624</b>
<b>Beban Hidup</b>							
Lantai atap	250	6	5.8			4	34800
Air Hujan	20					4	0
						<b>WL</b>	<b>34800</b>
<b>WD total (kg)</b>							<b>152082</b>
<b>WL total (kg)</b>							<b>38976</b>

Koefisien Reduksi untuk beban hidup untuk Rumah sakit (PPIUG tabel 3.3) = 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup :  
 $LL = 0,75 \times WL_{total} = 29232 \text{ Kg.}$



$$\begin{aligned} \text{Jadi Berat Total : } W &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 229269.6 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Mutu Beton} = 40 \text{ MPa} = 450 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{Dimensi : } A = 3 * \frac{P}{f'c} = 3 * \frac{229269.6}{400} = 1719.5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Dimensi : } b^2 &= 1719.5 \text{ cm}^2 \\ b &= 41.5 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi Dimensi Kolom digunakan untuk lantai 16, 15, 14, 13 dan 12 adalah 60/60 cm.

Untuk beban pada kolom lantai 11 – 7 dapat di lihat pada tabel 4.4

**Tabel 4.4** Beban yang Diterima Kolom lantai 7 – 11

Pelat lantai 12- 8							
WD total diatasnya (kg)							152082
WL total atasnya (kg)							38976
beban mati	berat sendiri	b	L	t	x lantai		berat
Pelat lantai atap (15cm)	2400	6	5.8	0.15	5		62640
penggantung	7	6	5.8	1	5		1218
plafon	11	6	5.8	1	5		1914
Tegel	24	6	5.8	1	5		4176
spesi	21	6	5.8	1	5		3654
aspal	14				1	5	0
Dacting dan Plambing	30	6	5.8	1	5		5220
Balok Induk melintang 30/60	2400	0.3	6	0.6	5		12960
Balok Induk memanjang 30/60	2400	0.3	5.8	0.6	5		12528
Balok Anak melintang 30/45	2400	0.3	6	0.45	5		9720
dinding	250					5	0
Kolom (100/100)	2400	1	1	4	5		48000
					WD		162030
<b>Beban Hidup</b>							
Lantai atap	250	6	5.8		5		43500
Air Hujan	20					5	0
					WL		43500
<b>WD total (kg)</b>							<b>314112</b>
<b>WL total (kg)</b>							<b>82476</b>

$$\begin{aligned} \text{Jadi total beban untuk beban hidup LL} &= 0,75 \times \text{WL} \\ &= 61857 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi Berat Total : } W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 475905.6 \text{ Kg}$$

$$\text{Mutu Beton} = 40 \text{ MPa} = 400 \text{ Kg/cm}^2 \quad (1 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\text{Dimensi : } A = 3 * \frac{P}{fc'} = 3 * \frac{467686}{400} = 3569.3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dimensi : } b^2 = 3569.3 \text{ cm}^2$$

$$b = 59.8 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi kolom digunakan 70/70 cm.

Dengan cara yang serupa didapat dimensi kolom yang lain sebagai berikut:

Kolom lantai 6 – 3 → 80/80 cm

Kolom lantai 2 – 1, basement → 90/90 cm

### 4.3 Pembebanan

#### 4.3.1 Pembebanan Gravitasi Manual

#### Pembebanan pada Lantai Atap

Tabel 4.5 Berat Lantai Atap

Beban Mati	Jenis Beban	Berat Sendiri	t	Luas I (m <sup>2</sup> )	Luas II (m <sup>2</sup> )	Luas total (m <sup>2</sup> )	berat (kg)
Lantai	Pelat Lantai Atap	2400 kg/m <sup>3</sup>	0.15	643.500	58.500	702	252720
	plafon	11 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	7722
	tegel	24 kg/m <sup>2</sup>		0	0	0	0
	spesi	21 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	14742
	aspal	14 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	9828
	penggantungan	7 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	4914
	ducting & plumbing	30 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	21060
			L	b	h	Jumlah	berat (kg)
Balok induk Memanjang	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.6	4	5184
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.6	4	7776
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	6	0.3	0.6	16	41472
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	7.5	0.3	0.6	5	16200
Balok induk Melintang	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.6	9	11664
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.6	4	7776
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	6	0.3	0.6	3	7776
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	9	0.3	0.6	10	38880
Balok Anak Memanjang	BA	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.45	3	2916
	BA	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.45	4	5832
Balok Lift	BL	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.4	0.6	10	17280
						<b>WD Atap total</b>	<b>473742</b>

Beban Hidup	Jenis Beban		faktor reduksi beban	Luas I (m <sup>2</sup> )	Luas II (m <sup>2</sup> )	Luas total (m <sup>2</sup> )	berat (kg)
	atap datar, pelana dan lengkung	96 kg/m <sup>2</sup>	0.3			702	20217.6
	beban hujan	20 kg/m <sup>2</sup>	0.3			702	4212
						<b>WL atap total</b>	<b>24429.6</b>

<b>W atap total</b>	<b>473742</b>	
	<b>24429.6</b>	<b>+</b>
	<b>498171.6</b>	<b>kg</b>

## Pembebanan pada Lantai 1-16

### Tabel 4.6 Berat Lantai 1-16

Beban Mati	Jenis Beban	Berat Sendiri	t	Luas I (m <sup>2</sup> )	Luas II (m <sup>2</sup> )	Luas total (m <sup>2</sup> )	berat (kg)	Jumlah Lantai	Total	
Lantai	Pelat Lantai Atap	2400 kg/m <sup>3</sup>	0.15	643.500	58.500	702	252720	16	4043520	
	plafon	11 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	7722	16	123552	
	tegel	24 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	16848	16	269568	
	spesi	21 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	14742	16	235872	
	aspal	14 kg/m <sup>2</sup>					0	16	0	
	penggantung	7 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	4914	16	78624	
	ducting & plumbing	30 kg/m <sup>2</sup>		643.500	58.500	702	21060	16	336960	
			t	L	b	h	Jumlah	berat (kg)	Jumlah Lantai	Total
Balok induk Memanjang	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.6	0.6	4	5184	16	82944
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.6	0.6	4	7776	16	124416
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	6	0.3	0.6	0.6	16	41472	16	663552
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	7.5	0.3	0.6	0.6	5	16200	16	259200
Balok induk Melintang	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.6	0.6	9	11664	16	186624
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.6	0.6	4	7776	16	124416
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	6	0.3	0.6	0.6	3	7776	16	124416
	BI	2400 kg/m <sup>3</sup>	9	0.3	0.6	0.6	10	38880	16	622080
Balok Anak Memanjang	BA	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.3	0.45	0.45	3	2916	16	46656
	BA	2400 kg/m <sup>3</sup>	4.5	0.3	0.45	0.45	4	5832	16	93312
	BA	2400 kg/m <sup>3</sup>	6	0.3	0.45	0.45	16	31104	16	497664
Dinding	1/2 Bata	250 kg/m <sup>2</sup>	108	1	4	1	108000	16	1728000	
Kolom	K 60/60	2400 kg/m <sup>3</sup>	4	0.6	0.6	0.6	27	93312	5	466560
	K 70/70	2400 kg/m <sup>3</sup>	4	0.7	0.7	0.7	27	127008	4	508032
	K 80/80	2400 kg/m <sup>3</sup>	4	0.8	0.8	0.8	27	165888	4	663552
	K 90/90	2400 kg/m <sup>3</sup>	4	0.9	0.9	0.9	27	209952	4	839808
							<b>WD Lantai total</b>	<b>494586</b>		<b>12119328</b>

Beban Hidup	Jenis Beban	faktor reduksi	Luas I (m <sup>2</sup> )	Luas II (m <sup>2</sup> )	Luas total (m <sup>2</sup> )	berat (kg)	Jumlah Lantai	total
Beban Lantai	250 kg/m <sup>2</sup>	0.3			702	52650	2	105300
Beban Lantai Kamar	287 kg/m <sup>2</sup>	0.3			702	60442.2	14	846190.8
					<b>WL Lantai total</b>	<b>113092.2</b>		<b>951490.8</b>

<b>W lantai total</b>	<b>12256856</b>	
	<b>951490.8</b>	<b>+</b>
	<b>13208346.8</b>	<b>kg</b>

## Pembebanan pada Dinding Geser

### Tabel 4.7 Berat Dinding Geser

Beban Mati	Jenis Beban	Berat Sendiri	t	L	b	h	Jumlah	berat (kg)	Jumlah Lantai	Total
Shear Wall	SW 1	2400 kg/m <sup>3</sup>	3	0.4	0.4	4	7	80640	16	1290240
	SW 2	2400 kg/m <sup>3</sup>	4	0.4	0.4	4	2	30720	16	491520
	SW 3	2400 kg/m <sup>3</sup>	7.5	0.4	0.4	4	2	57600	16	921600
									<b>WD Total</b>	<b>2703360</b>

Jadi berat total gedung RSUD Koja Jakarta Utara adalah :

<b>Atap</b>	<b>498171.6 kg</b>
<b>Lantai 1-16</b>	<b>13070818.8 kg</b>
<b><u>Dinding Geser</u></b>	<b><u>2703360 kg +</u></b>
	<b>16272350.4 kg</b>

#### 4.3.2 Pembebanan menggunakan SAP 2000

**Tabel 4.8** Berat total gedung dari SAP 2000

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D + 0.3L	Combination	4.223E-07	0.000000122	15350975.4

Total berat Gedung RSUD Koja Jakarta Utara berdasarkan reaksi vertikal yang terjadi pada perletakan di SAP adalah :

$$W_{\text{total SAP}} = 15350975.4 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total Manual}} = 16272350.4 \text{ kg}$$

Selisih antara Hitungan SAP dan manual sebesar 6.00 %

#### 4.4 *Direct Displacement Based Design*

##### 4.4.1 Pemilihan desain

Berdasarkan pemilihan desain sistem ganda (*dual system*) dinyatakan bahwa struktur sistem ganda adalah struktur yang terdiri rangka dan dinding geser dengan asumsi beban lateral didistribusikan ke dinding geser dan rangka. Minimal 25 % dari gaya geser dasar didistribusikan ke rangka sehingga  $\beta_F = 0.25$

#### 4.4.2 Tinggi Lentur Dinding Geser

Untuk menghitung tinggi lentur dinding geser, digunakan persamaan 2.1 yaitu :

$$M_{w,I} = M_{i+1} + V_{i+1} (H_{i+1} - H_i) \quad 2.1$$

Sementara  $M_i$  ditentukan oleh  $M_{OTM,I}$  yang mirip dengan rumus  $M_{w,I}$  diatas.

$V_{Ti}$  digunakan untuk menghitung  $M_{OTM,I}$ , dimana  $V_{Ti}$  merupakan gaya geser total dan perhitungan gaya geser ( $F_i$ ) menggunakan rumus :

$$F_i = \frac{m_i H_i}{\sum m_i H_i}$$

Dengan melihat pada tabel 4.9, didapatkan tinggi lentur dinding diantara lantai 15 dan 16. Digunakan rumus interpolasi untuk mendapatkan tinggi lentur dinding sebagai berikut :

$$H_{CF} = 60 + 4 \times 0.011/0.716 = 60.6 \text{ m}$$

#### 4.4.3 Simpangan Leleh Dinding Geser

Kekuatan leleh yang diharapkan pada baja tulangan adalah  $f_{ye} = 1.1 f_y = 440 \text{ MPa}$  karena itu didapatkan  $\epsilon_y = f_{ye}/E_s = 440/200000 = 0.0022$

Kurvatur leleh pada dinding diestimasikan dengan menggunakan rumus  $\phi_y = 2.00 \frac{\epsilon_y}{l_w} = 2 \times 0.0022/4 = 0.0011 / \text{m}$

Simpangan leleh dinding geser dan rangka ditentukan dari tinggi lentur dinding geser dan rangka yang telah dihitung sebelumnya. Adapun perumusan untuk menghitung simpangan leleh dinding menggunakan rumus 2.2 dan 2.3 sebagai berikut :

$$\text{Untuk } H_i < 60.6, \Delta_{yi} = \phi_y \left( \frac{H_i^2}{2} - \frac{H_i^3}{6 H_{CF}} \right) \quad 2.2$$

$$\text{Untuk } H_i > 60.6, \Delta_{yi} = \phi_y \left( \frac{H_{CF} H_i}{2} - \frac{H_{CF}^2}{6} \right) \quad 2.3$$

Hasil dari perhitungan simpangan leleh dinding geser dapat dilihat pada tabel 4.10

**Tabel 4.9** Tinggi Lentur Dinding Geser

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lantai	Tinggi (m)	Berat mi (kg)	mi x Hi	Fi (rel.)	Vti (rel.)	Motm,l (rel)	Vf,l frame	Vw, l wall	Mw, l wall
Atap	68	498171.6	33875669	0.0737166	0.073716624	0	0.25	-0.176283	0
16	64	756340.2	48405773	0.1053355	0.179052113	0.294866495	0.25	-0.070948	-0.705134
15	60	756340.2	45380412	0.098752	0.277804134	1.011074946	0.25	0.027804	0.011075
14	56	756340.2	42355051	0.0921686	0.369972687	2.122291481	0.25	0.119973	1.122291
13	52	756340.2	39329690	0.0855851	0.455557772	3.602182228	0.25	0.205558	2.602182
12	48	756340.2	36304330	0.0790016	0.534559388	5.424413314	0.25	0.284559	4.424413
11	44	790036.2	34761593	0.0756445	0.610203866	7.562650867	0.25	0.360204	6.562651
10	40	790036.2	31601448	0.0687677	0.678971572	10.00346633	0.25	0.428972	9.003466
9	36	790036.2	28441303	0.0618909	0.740862508	12.71935262	0.25	0.490863	11.71935
8	32	790036.2	25281158	0.0550142	0.795876673	15.68280265	0.25	0.545877	14.6828
7	28	828916.2	23209654	0.0505064	0.84638305	18.86630934	0.25	0.596383	17.86631
6	24	828916.2	19893989	0.0432912	0.889674231	22.25184154	0.25	0.639674	21.25184
5	20	828916.2	16578324	0.036076	0.925750214	25.81053847	0.25	0.67575	24.81054
4	16	828916.2	13262659	0.0288608	0.954611001	29.51353932	0.25	0.704611	28.51354
3	12	872980.2	10475762	0.0227962	0.97740724	33.33198333	0.25	0.727407	32.33198
2	8	865188	6921504	0.0150618	0.99246908	37.24161229	0.25	0.742469	36.24161
1	4	865188	3460752	0.0075309	1	41.21148861	0.25	0.75	40.21149
0	0	0	0	0	1	45.21148861	0.25	0.75	44.21149
Total		13359038.4	459539071	1					

**Tabel 4.10** Simpangan Leleh Dinding Geser

1	2	3	4
Lantai	Tinggi	Berat (kg)	$\Delta y_i$ (m)
Atap	68	498171.6	1.399
16	64	756340.2	1.363
15	60	756340.2	1.321
14	56	756340.2	1.189
13	52	756340.2	1.058
12	48	756340.2	0.930
11	44	790036.2	0.805
10	40	790036.2	0.685
9	36	790036.2	0.570
8	32	790036.2	0.463
7	28	828916.2	0.364
6	24	828916.2	0.275
5	20	828916.2	0.196
4	16	828916.2	0.128
3	12	872980.2	0.074
2	8	865188	0.034
1	4	865188	0.009
0	0	0	0
Total		13359038.4	

#### 4.4.4 Desain Simpangan Profil

##### Regangan Material Dinding

Diasumsikan  $\epsilon_{SU} = 0.1$  didasarkan pada fakta tidak ada informasi tentang regangan pada tegangan maksimum di dinding baja tulangan.

$$\Phi_{dc} = 0.9 \times 0.072 / l_w = 0.0648 / 4 = 0.0162$$

Panjang sendi plastis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L_P = k H_{CF} + 0.1 l_w + L_{SP}$$

Dimana :

$$K = 0.2 (f_u / f_y - 1) = 0.2 (570/400-1) = 0.085$$

$$L_{SP} = 0.022 f_{ye} d_{bi} = 193.6 \text{ mm}$$

$$L_P = 0.085 \times 60.062 + 0.1 \times 4 + 0.1936 = 5.7 \text{ m}$$

Cek jika batas drift pada  $H_{CF}$  melebihi

$$\theta_{CF} = \phi_y H_{CF} / 2 + (\phi_{dc} - \phi_y) L_P$$

$$\theta_{CF} = 0.0011 \times 30.031 + (0.0162-0.0011) 5.7$$

$$\theta_{CF} = 0.119$$

Drift yang terjadi pada  $H_{CF}$  melebihi batas drift, sehingga batas drift kode dijadikan acuan untuk desain dinding.

##### Batas Drift

Karena bangunan tinggi, maka amplifikasi drift harus diperhitungkan. Momen balik dasar yang dibawa oleh rangka adalah :

$$M_{OTM,F} = OTM - \text{Wall Moment}$$

$$= 45.21149 - 44.21149$$

$$= 1$$



$$\begin{aligned}\Omega &= \left( 1 - \left( \frac{n-5}{100} \right) \left( \frac{M_{OTM,F}}{M_{OTM}} + 0.25 \right) \right) \\ &= \left( 1 - 0.11 \left( \frac{1}{45.21149} + 0.25 \right) \right) \\ &= 0.0194\end{aligned}$$

Batas Drift Rencana kemudian dikalikan faktor reduksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\theta_d &= 0.0194 \times 1 \\ &= 0.0194\end{aligned}$$

#### 4.4.5 Menghitung perpindahan rencana struktur

$$\text{Untuk } 4 < n \leq 20 \quad \Delta_i = \theta_d \times h_i \left( 1 - \frac{0,5(n-4)h_i}{16hn} \right)$$

**Tabel 4.11** Perpindahan Rencana Struktur

Lantai	$\theta_d$	Tinggi $H_i$ (m)	Tinggi $H_n$ (m)	Berat (kg)	$\Delta_i$	$\Delta_i^2$	$\Delta_i \times m_i$	$\Delta_i^2 \times m_i$	$\Delta_i \times m_i \times H_i$
17	0.0194	68	68	498171.6	0.783	0.614	390205.36	305638.10	26533964.48
16	0.0194	64	68	756340.2	0.767	0.588	580015.05	444796.49	37120963.46
15	0.0194	60	68	756340.2	0.747	0.558	564802.61	421770.50	33888156.34
14	0.0194	56	68	756340.2	0.723	0.523	546785.02	395290.19	30619961.40
13	0.0194	52	68	756340.2	0.695	0.484	525962.31	365756.51	27350040.22
12	0.0194	48	68	756340.2	0.664	0.441	502334.47	333632.82	24112054.39
11	0.0194	44	68	790036.2	0.629	0.396	497103.56	312785.60	21872556.51
10	0.0194	40	68	790036.2	0.591	0.349	466562.85	275532.81	18662513.95
9	0.0194	36	68	790036.2	0.548	0.301	433092.04	237417.87	15591313.29
8	0.0194	32	68	790036.2	0.502	0.252	396691.12	199185.61	12694115.77
7	0.0194	28	68	828916.2	0.452	0.205	374946.83	169601.14	10498511.36
6	0.0194	24	68	828916.2	0.399	0.159	330605.91	131859.25	7934541.90
5	0.0194	20	68	828916.2	0.342	0.117	283190.69	96749.18	5663813.74
4	0.0194	16	68	828916.2	0.281	0.079	232701.16	65326.06	3723218.52
3	0.0194	12	68	872980.2	0.216	0.047	188660.01	40771.37	2263920.09
2	0.0194	8	68	865188	0.148	0.022	127859.52	18895.38	1022876.15
1	0.0194	4	68	865188	0.076	0.006	65534.17	4963.92	262136.70
0	0.0194	0	68	0	0.000	0.000	0.00	0.00	0.00
Total				13359038.4			6507052.67	3819972.81	279814658.25

$$\begin{aligned}\Delta_d &= \frac{\sum_i^n \text{mix} \Delta_i^2}{\sum_i^n \text{mix} \Delta_i} \\ \Delta_d &= \frac{3819972.81}{6507052.67} = 0.587 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.4.6 Menghitung Massa efektif, Tinggi efektif, dan Daktilitas struktur

##### (a) Menghitung massa efektif

$$m_e = \frac{\sum_i^n mix \Delta i}{\Delta d}$$

$$m_e = \frac{6507052.67}{0.587} = 11084302.598 \text{ kg}$$

##### (b) Menghitung tinggi efektif

$$H_e = \frac{\sum_i^n mix \Delta i x h_i}{\sum_i^n mix \Delta i}$$

$$H_e = \frac{279814658.25}{6507052.67} = 43 \text{ m}$$

##### (c) Menghitung daktilitas struktur

$$\Delta_y = \theta_y \times h_e$$

$$\Delta_y = 0.0194 \times 43$$

$$\Delta_y = 0.095 \text{ m}$$

$$\mu = \frac{A_d}{A_y}$$

$$\mu = \frac{0.587}{0.095} = 6.205$$

#### 4.4.7 Menghitung Redaman Ekuivalen

Untuk mendapatkan redaman ekuivalen pada struktur, kebutuhan duktilitas dari dinding geser dan rangka harus diperhitungkan terlebih dahulu.

##### (a) Dinding Geser

$$\begin{aligned} \Delta_{yi} &= \varphi_y \left( \frac{H_{CF} H_i}{2} - \frac{H_{CF}^2}{6} \right) \\ &= 0.0011 \left( \frac{60.062 \times 47.89}{2} - \frac{60.062^2}{6} \right) \\ &= 0.9206 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_w &= \Delta_D / \Delta_{y_{i,w}} \\
 &= 1.405 / 0.9206 \\
 &= 1.526 \\
 \xi_w &= 0.05 + 0.444 \frac{\mu-1}{\mu\pi} \\
 &= 0.05 + 0.444 \frac{1.526-1}{1.526\pi} \\
 &= 0.203
 \end{aligned}$$

**(b) Rangka**

$$\begin{aligned}
 \theta_{yframe} &= 0.5 \varepsilon y \frac{lb}{hb} \\
 &= 0.0022 \\
 \mu_{frame} &= \Delta_D / \Delta_{yframe} \\
 &= \Delta_D / \theta_{yframe} (0.6H_n) \\
 &= 1.411 / 0.063 \\
 &= 22.327 \\
 \xi_{frame} &= 0.05 + 0.565 \frac{\mu-1}{\mu\pi} \\
 &= 0.05 + 0.565 \frac{22.327-1}{22.327\pi} \\
 &= 0.488
 \end{aligned}$$

Jadi didapatkan redaman ekuivalen struktur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \xi_{system} &= \frac{\xi_w M_{OTM,W} + \xi_{frame} M_{OTM,F}}{M_{OTM}} \\
 &= \frac{0.203 \times 44.211 + 0.488 \times 1}{45.211} \\
 &= 0.2107
 \end{aligned}$$

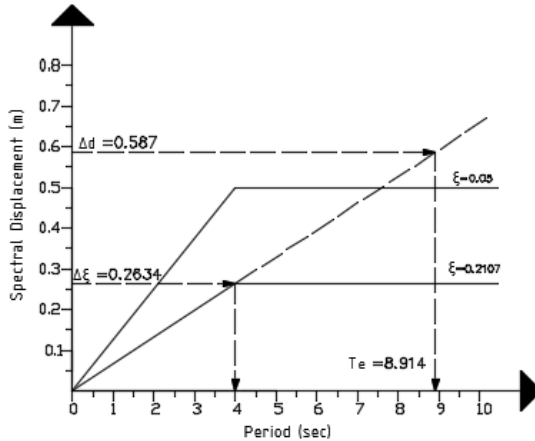
#### 4.4.8 Menghitung Gaya Geser Dasar

**(a) Periode Efektif**

Untuk mencari  $T_{eff}$  bisa didapatkan pada grafik respon spectra dengan menggunakan variabel perpindahan dan redaman ekivalen sehingga didapatkan  $T_{eff}$  dari struktur tersebut. Didapatkan  $T_{eff} = 8.914$  sekon berdasarkan gambar 4.4

**(b) Kekakuan Efektif**

$$\begin{aligned}
 K_{\text{eff}} &= 4 \pi^2 \frac{m_e}{T_e^2} \\
 K_{\text{eff}} &= 4 \pi^2 \frac{11084302.598}{8.914^2} \\
 K_{\text{eff}} &= 5507098.579 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.4** Respon Spektra Perpindahan Desain rencana

**(c) Distribusi Gaya Geser**

$$\begin{aligned}
 V &= K_{\text{eff}} \times \Delta_D \\
 &= 5507098.579 \times 0.587 \\
 &= 3232948.597 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**Tabel 4.12** Distribusi gaya per lantai

1	2	3	4	5
Lantai	Tinggi Hi (m)	$\Delta i \times m_i$	V (kg)	Fi (kg)
17	68	390205.36	3232948.60	193868.70
16	64	580015.05		288173.30
15	60	564802.61		280615.19
14	56	546785.02		271663.37
13	52	525962.31		261317.87
12	48	502334.47		249578.66
11	44	497103.56		246979.75
10	40	466562.85		231805.98
9	36	433092.04		215176.42
8	32	396691.12		197091.07
7	28	374946.83		186287.69
6	24	330605.91		164257.46
5	20	283190.69		140699.79
4	16	232701.16		115614.69
3	12	188660.01		93733.39
2	8	127859.52		63525.42
1	4	65534.17		32559.84
0	0	0.00	0.00	
Total		6507052.67		3232948.60

#### 4.5 Analisa Struktur

Setelah mendapatkan Gaya Geser Rencana maka dilakukan analisa struktur dengan menggunakan metode respon spectrum untuk melihat gaya gempa yang terjadi di SAP 2000 dengan gaya geser rencana yang telah dihitung diatas, setelah didapatkan perbandingan dari kedua gaya geser tersebut maka dimensi struktur dapat diubah untuk menyesuaikan gaya geser SAP 2000 dengan gaya geser rencana sehingga didapatkan perencanaan yang efisien. Kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan SNI-03-1726-2012 pasal 4.2.2 seperti yang telah dicantumkan pada bab 3.

## 4.6 Perencanaan Tulangan Struktur Utama

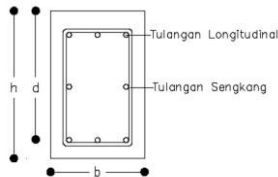
### 4.6.1 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam preliminary design direncanakan balok induk menggunakan dimensi 30/60 dengan panjang bentang ialah 900 cm.

#### 4.6.1.1 Penulangan Lentur

Data perencanaan dalam merencanakan penulangan balok induk adalah sebagai berikut :

- Dimensi balok : 30/60
- Tebal decking : 40 mm
- Tulangan lentur (D) : 25 mm
- Tulangan sengkang ( $\emptyset$ ) : 13 mm
- Mutu tulangan ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Mutu sengkang ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Mutu beton ( $f'_c$ ) : 40 MPa



**Gambar 4.5** Penampang Balok Induk

$$\begin{aligned}
 d &= h - (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} D_{\text{tul. utama}}) \\
 &= 600 - (40 + 13 + 0.5 \times 25) \\
 &= 600 - 65.5 \\
 &= 534.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Menentukan harga  $\beta_1$**

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.2.7.3)} \\
 &= 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764
 \end{aligned}$$

## Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan

### 1. Mencari $\rho$ maksimum

$$\rho_{\max} = 0.025 \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)}$$

### 2. Mencari $\rho$ minimum

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{f_y} = 0.00395 \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \quad \text{SNI 03-2847-2013 pasal (10.5.1)}$$

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga yang terbesar = 0.0035

### 3. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \cdot 40} = 13.084$$

### 4. Menentukan $M_n$ dan $R_n$ yang digunakan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

Harga momen ultimate yang digunakan didapat dari output program bantu SAP 2000. Kombinasi yang digunakan adalah envelope, sehingga didapatkan momen sebagai berikut :

Momen negatif tumpuan maksimum = -32153.32 kgm

Momen positif tumpuan maksimum = 23802.66 kgm

Momen lapangan maksimum = 9089.3 kgm

## Menentukan $R_n$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0.85 f'c b} = \frac{490.874 \times 400}{0.85 \times 40 \times 300} = 19.25 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0.8} = \frac{19.25}{0.8} = 24.06 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= 0.003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) \\ &= 0.003 \left( \frac{534.5}{24.06} - 1 \right) \\ &= 0.0636 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI-03-2847-2012 gambar 9.3.2 didapat  $\epsilon_t$  lebih besar daripada 0.005 sehingga pelat termasuk dalam kondisi terkontrol tarik dengan nilai  $\phi$  sebesar 0.9

5. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

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

dimana :  $\rho_{min} < \rho_{pakai} < \rho_{max}$

6. Menentukan jarak dan jumlah tulangan (As) dari  $\rho$  yang didapat:

$$\rho = \frac{As}{b \times d} \qquad n = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} \pi \phi^2}$$

$$s = \frac{b - n \times \phi L - 2 Cc - 2 \phi s}{n - 1}$$



**Tabel 4.13** Penulangan Balok Induk

Balok	Lokasi	Mu	Mn	$\rho$	$\rho$	As perlu	Jumlah		
		kgm	kNm	perlu	pakai	mm <sup>2</sup>			
BI (9.0 m) (300 x 600)	Tumpuan atas	-32153.32	-35726	0.0112	0.0112	1803.73	4	D	24
	Tumpuan bawah	23802.66	26447	0.0081	0.0081	1306.68	3	D	24
	Lapangan	9089.3	10099	0.0030	0.0035	561.23	2	D	24

#### 4.6.1.2 Penulangan Geser

Perhitungan tulangan geser uamg dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probabilitas. Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.3 : gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari peninjauan gaya statik pada bagian tumpuan. Momen – momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum  $M_{pr}$ , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor serta  $V_e$  harus dicari dari nilai terbesar akibat beban gempa arah ke kanan dan ke kiri. Besarnya momen probable dipengaruhi oleh desain kemampuan tulangan lenturnya. Harga momen probable dapat dicari dengan rumus berikut :

$$a = \frac{A_s (1.25 f_y)}{0.85 f'c b}$$

$$M_{pr} = A_s (1.25 f_y) \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

**Tabel 4.14** Penulangan geser balok induk bentang 9 m

Bentang m	Posisi		n	D	As	a	MPr	
				mm	mm <sup>2</sup>	mm	Nmm	kgm
9	Gempa Ka	+	4	25	1963.495408	96.25	477497650.1	47749.77
	Gempa Ka	-	3	25	1472.621556	72.19	366981955.9	36698.20
	Gempa Ki	+	4	25	1963.495408	96.25	477497650.1	47749.77
	Gempa Ki	-	3	25	1472.621556	72.19	366981955.9	36698.20

#### Beban terbagi rata pada pelat lantai ( $W_u$ )

Dari perhitungan pembebanan didapat :

Beban mati : 2160 kg/m

Beban hidup : 696 kg/m

Berat sendiri balok :  $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.6 \text{ m} \times 0.3\text{m}=432 \text{ kg/m}$

Beban terbagi rata ultimate ( $W_u$ )

$$\begin{aligned} W_u &= 1.2 D + 1.6 L \\ &= 1.2 (2160 + 432) + 1.6 (696) \\ &= 4224 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Perhitungan gaya geser akibat gempa kiri dan kanan baik (+) maupun (-) memiliki nilai yang sama, maka dihitung salah satu sisi saja

Analisa terhadap Gempa :

$$\begin{aligned} V_{\text{ekn}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} - \frac{W_u \times L_n}{2} \\ &= \frac{47749.77 + 36698.2}{9-0.6} - \frac{4224 \times (9-0.6)}{2} \\ &= -7687.47 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{ekn}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} + \frac{W_u \times L_n}{2} \\ &= \frac{47749.77 + 36698.2}{9-0.6} + \frac{4224 \times (9-0.6)}{2} \\ &= 27794.13 \text{ kg} \end{aligned}$$

## Pemasangan Tulangan Geser

### a. Pemasangan Senggang balok di daerah sendi plastis (Tumpuan)

Tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , bila :

1. Gaya geser akibat gempa ( $M_{pr}$ )  $> 0.5 \times$  total geser akibat kombinasi gempa dan gravitasi

$$\begin{aligned} \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} &= \frac{47749.77 + 36698.2}{9-0.6} = 10053.33 \text{ kg} > \\ 0.5 \times (27794.13) &= 13897.1 \text{ (NOT OK)} \end{aligned}$$

2. Gaya aksial tekan  $< 0.2 \times A_g \times f'_c$   
547117.7 N  $<$  1440000 N (OK)

Salah satu dari syarat tidak dapat dipenuhi. Sehingga perencanaan tulangan geser diasumsikan  $V_c = 0$ .

$$a = 96.25 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0.8} = 120.31 \text{ mm}$$

$$et = 0.003 \left( \frac{534.5}{120.31} - 1 \right) = 0.01033$$

$$a = 72.19 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0.8} = 90.23 \text{ mm}$$

$$et = 0.003 \left( \frac{534.5}{90.23} - 1 \right) = 0.0148$$

diambil harga  $et$  terkecil = 0.01 sehingga :

$et > 0.005$ , maka  $\phi = 0.9$

$$V_c = \frac{b \times d \sqrt{f'_c}}{6} = 169023.74 \text{ N}$$

Sehingga  $V_s$  :

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c = \frac{27794.13}{0.9} - 16902.37 = 13980 \text{ kg}$$

Direncanakan sengkang 2 kaki D 13 mm

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$S = A_v \times f_y \times d / V_s = 405.983 \text{ mm}$$

Jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi SNI-03-2847-2013 pasal 21.5.3.2 :

1.  $d/4 = 133.625 \text{ mm}$
2.  $8 \times D_{utama} = 200 \text{ mm}$
3.  $24 \emptyset = 312 \text{ mm}$
4.  $300 \text{ mm}$

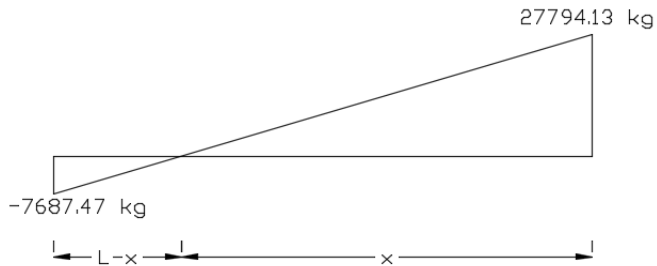
Dari jarak yang sudah dihitung, diambil jarak sengkang yang paling kecil, yaitu = 100 mm.

Sengkang dipasang sepanjang  $2h = 2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$  dari muka kolom. Sengkang pertama dipasang 50 mm dari muka kolom di kedua ujung balok. Kontrol kuat geser  $V_s$  tidak boleh diambil lebih besar dari  $V_s \text{ max}$

$$V_{s \text{ max}} = 0.66 \sqrt{f'_c} b w x d = 669334.01 \text{ N} > V_s = 139799.91 \text{ kg}$$

(OK)

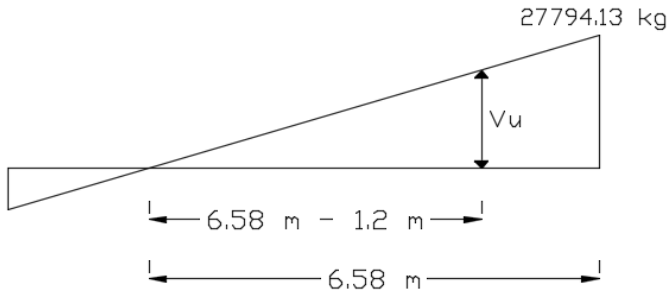
### b. Pemasangan sengkang diluar daerah sendi plastis



Dengan perbandingan segitiga, didapatkan :

$$\frac{7687.47}{L-x} = \frac{27794.13}{x}$$

$$x = \frac{27794.13 (8.4)}{27794.13 + 7687.47} = 6.58 \text{ m}$$



Dengan perbandingan segitiga, didapat

$$\frac{6.58 - 1.2}{6.58} = \frac{Vu}{27794.13}$$

$$Vu = \frac{27794.13 (5.38)}{6.58} = 22725.329 \text{ kg}$$

Sehingga untuk sengkang diluar sendi plastis digunakan  $V_u = 22725.329 \text{ kg}$

$$V_c = \frac{b \times d \sqrt{f'c}}{6} = 169023.74 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c = \frac{22725.329}{0.9} - 169023.74 = 8347.99 \text{ kg}$$

Direncanakan sengkang 2 kaki D 13 mm

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 265.46 \text{ mm}^2$$

$$S = A_v \times f_y \times d / V_s = 679.88 \text{ mm}$$

Jarak maksimum antar sengkang, tidak boleh melebihi :

$$d/2 = 267.5 \text{ m}$$

Sehingga diambil jarak sengkang terkecil yaitu  $s = 267 \text{ mm}$ .

Untuk memudahkan pekerjaan dilapangan, maka diambil jarak sengkang diluar sendi plastis = 250 mm

#### 4.6.1.3 Penulangan Torsi

Perencanaan torsi didasarkan dari SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.1 yaitu pengaruh punter dapat diabaikan jika momen punter terfaktor  $T_u$  memenuhi syarat sebagai berikut :

$$T_u \leq \phi 0.083 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$A_{cp}$  = Luas penampang keseluruhan

$P_{cp}$  = Keliling penampang keseluruhan

$\lambda$  = 1 (beton normal) SNI 03 2847 2013 psl 8.6.1

$\phi$  = 0.75 (faktor reduksi beban torsi) SNI 03 2847 2013 pasal 9

Untuk menentukan harga torsi yang akan digunakan dalam perhitungan, digunakan program bantu SAP 2000. Didapat dari SAP 2000 :

$$Torsi = 3084.67 \text{ kgm}$$

**Kontrol kebutuhan torsi :**

$$T_u \leq \phi 0.083 \lambda \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \times h = 300 \times 600 = 180000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2(b + h) = 2(300 + 600) = 1800 \text{ mm}$$

$$T_u = 30846700 \text{ Nmm}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = 30846700 / 0.75 = 34274111.11 \text{ Nmm}$$

$$0.75 \times 0.083 \times 1 \sqrt{40} \left( \frac{180000^2}{1800} \right) = 7086664.24 \text{ Nmm}$$

$$34273111.11 \leq 7086664.24 \text{ (memenuhi)}$$

Karena kontrol momen punter memenuhi syarat maka tidak dibutuhkan tulangan torsi.

#### 4.6.1.4 Pemutusan Tulangan

Dibawah ini akan dihitung lokasi penghentian tulangan negatif pada balok. Pada tumpuan, tulangan pada lapisan atas adalah 4D25 dan lapisan bawah 3D25

Agar diperoleh panjang penghentian terbesar, maka digunakan kombinasi  $0.9D + M_{pr}$  pada ujung komponen. Kuat momen nominal ( $\phi M_n$ ) dari 2D25 (Lapangan) adalah 23199.613 kgm. Karena itu 4D25 dan 3D25 boleh dihentikan bila kuat momen perlu sudah memenuhi 36698.19 kgm

Jarak penampang dengan  $M_n = 23199.163 \text{ kgm}$  dihitung sebagai berikut :

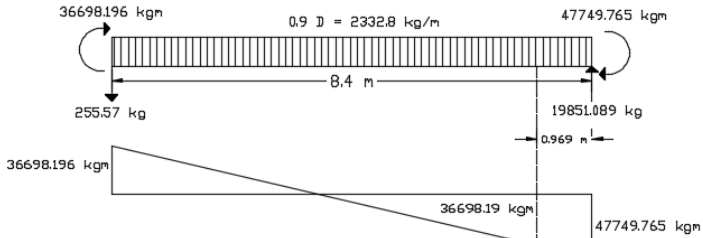
$$M_{pr} (4D25) = 47749.765 \text{ kgm}$$

$$M_{pr} (3D25) = 36698.196 \text{ kgm}$$

$$Q (0.9 D) = 2332.8 \text{ kg/m}$$

$$1166.4 \frac{1}{2} x^2 - 19851.089 x + 47750 = 25056.045$$

$$x = 0.969 \text{ m}$$



**Gambar 4.6** Grafik Momen Pemutusan Tulangan

Sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 14.10.3 (tulangan 4D25) akan dihentikan sejauh :

1.  $x + d = 0.969 + 0.5345 = 1.5035$  m (**menentukan**)
2.  $x + 1.2 db = 0.969 + 12 (0.025) = 0.9987$  m

Panjang 1.5 m ini harus lebih panjang dari panjang penyaluran (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3) yang dihitung dengan rumusan :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{fy}{1.1 \lambda \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{C + Ktr}{d_b}}$$

Dimana :

$$\Psi_t = 1.3 \quad \Psi_e = 1 \quad Ktr = 0$$

$$\Psi_s = 1 \quad \lambda = 1$$

$c$  = faktor yang mewakili sisi penutup terkecil  
 $= 40 + 13 + 25/2 = 65.5$  m

atau

$c$  = setengah spasi pusat ke pusat tulangan lentur  
 $= (\frac{1}{2} \times 60) + 25 = 55$  m

Digunakan  $c = 55$  mm

$$\frac{C + Ktr}{d_b} = \frac{55 + 0}{25} = 2.2$$

$$l_d = \frac{fy}{1.1 \lambda \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\frac{C + Ktr}{d_b}}$$



$$l_d = \frac{400}{1.1} \frac{1.3 (1)(1)}{\sqrt{40} \cdot 2.2} 25 = 849.37 \text{ mm} = 0.849 \text{ m}$$

$$l_d = 0.849 \text{ m} < l = 1.5 \text{ m}$$

Sehingga panjang penyaluran = 0.85 m dan panjang titik putus 4D25 dipasang sepanjang 1.5 m dari muka kolom.

Tulangan longitudinal yang masuk dan berhenti dalam kolom tepi yang terkekang dan harus berupa panjang penyaluran dengan kait 90 derajat, ldh diambil lebih besar dari :

$$8 d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

atau

$$\frac{f_y d_b}{5.4 \sqrt{f'_c}} = \frac{400 \cdot 25}{5.4 \sqrt{40}} = 292.803 \text{ mm}$$

Sehingga diambil ldh = 300 mm masuk kedalam kolom dengan panjang kait  $12 d_b = 300 \text{ mm}$  sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 9.1.2

## 4.6.2 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul seluruh beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder maupun balok induk dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Analisa kolom yang ditampilkan pada laporan ini yaitu kolom interior yang berada pada lantai basement.

### 4.6.2.1 Data umum perencanaan kolom

Data umum perencanaan kolom :

Dimensi	: 80/80
Tebal decking (d')	: 40 mm SNI 03-2847-2013 ps (7.7)
Tulangan longitudinal	: 25 mm
Tulangan sengkang	: 16 mm
Mutu tulangan (fy)	: 400 MPa
Mutu beton (f'c)	: 40 MPa
Tinggi lantai	: 400 cm

Berdasarkan hasil perhitungan SAP 2000 didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Gaya aksial : 768635.94 kg

Momen positif : 34949.51 kgm

Momen negatif : -34162.92 kgm

#### 4.6.2.2 Kontrol Dimensi Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.1 jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $\geq A_g \times \frac{f_c}{10}$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut :

- a. Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.  
800 mm > 300 mm
- b. Rasio dimensi besar dari 0.4  
Rasio b/h = 800/800 = 1 > 0.4

Dari hasil running program SAP 2000 didapatkan gaya aksial terfaktor terbesar adalah 768635.94 kg = 7686359.4 N

$$7686359.4 \text{ N} \geq 800 \times 800 \times \frac{40}{14}$$

$$7686359.4 \text{ N} \geq 2560000 \text{ N} \dots\dots (\text{OK})$$

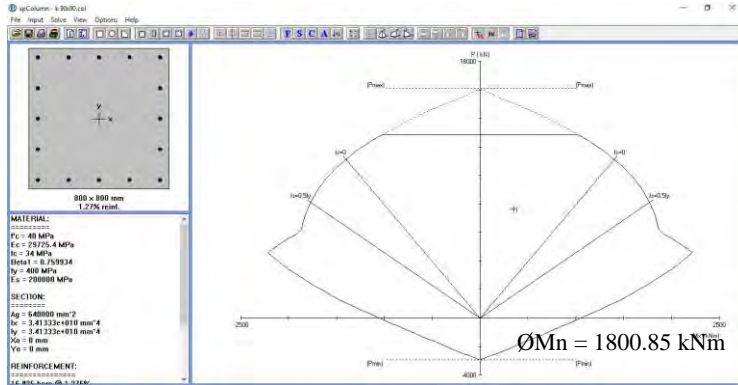
#### 4.6.2.3 Penulangan Longitudinal Kolom

Beban aksial dan momen yang terjadi pada kolom didapat dari program SAP 2000 :

**Tabel 4.15 Gaya Dalam pada Kolom**

Ukuran	Aksial – (kg)	Momen + (kgm)	Momen – (kgm)	M pakai (kgm)
80/80	768636	34949.51	34162.92	34949.51

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada kolom

#### 4.6.2.4 Kontrol rasio tulangan longitudinal kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6 , luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0.01 A_g$  atau lebih dari  $0.06 A_g$ . Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCA COL diperoleh tulangan longitudinal : 16D25, dengan rasio tulangan = 1.27 % (OK).

#### 4.6.2.5 Kontrol kapasitas beban aksial kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur :

$$\Phi P_n = 0.8 \Phi (0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y (A_{st}))$$

Dimana :

$$P_u = 7686360 \text{ N}$$

$$\Phi = 0.65$$

$$A_g = 800 \times 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 16 \frac{1}{4} \pi 25^2 = 7853.98 \text{ mm}^2$$

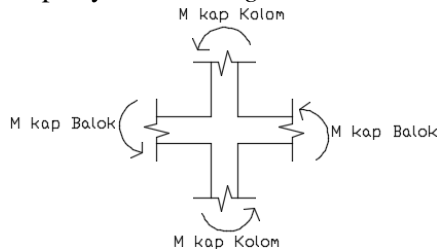
Sehingga  $\phi P_n = 12809969.78 \text{ N} > P_u = 7686360 \text{ N}$  (OK)

#### 4.6.2.6 Persyaratan “*Strong Column Weak Beam*”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847-2013 pasal 21.6.2 menyatakan bahwa.

$$\sum M_{nc} \geq (1.2) \sum M_{nb}$$

Dimana  $\sum M_{nc}$  adalah momen kapasitas kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *Strong Column Weak Beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.



**Gambar 4.8** Ilustrasi kuat momen yang bertemu di balok

$$\sum M_{nc} = (1800.85 + 1800.85) = 3601.7 \text{ kNm}$$

Nilai  $M_g$  dicari dari jumlah  $M_{nb}^+$  dan  $M_{nb}^-$  balok yang menyatu dengan kolom didapat dari  $M_n$  di tabel penulangan balok interior diperoleh bahwa :

$$M_{nb}^+ = 293.584 \text{ kNm}$$

$$M_{nb}^- = 382 \text{ kNm}$$

Sehingga :

$$\sum M_{nb} = (293.584 + 382) = 675.584 \text{ kNm}$$

Persyaratan *Strong Column Weak Beam*

$$\sum M_{nc} \geq (1.2) \sum M_{nb}$$

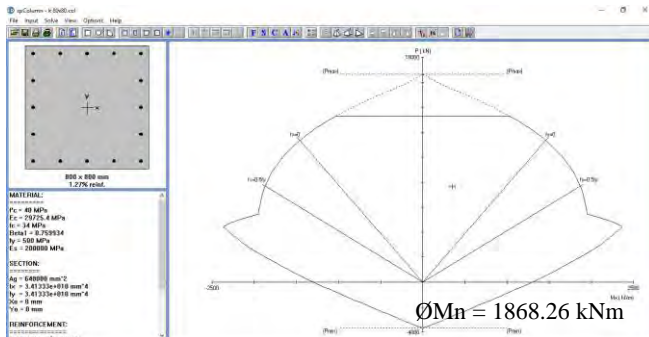
Maka :

3601.7 kNm > 1.2 x 675.584 kNm = 810.7 kNm (OK)

Sehingga memenuhi persyaratan “*strong column weak beam*”

#### 4.6.2.7 Kontrol gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Gaya geser rencana,  $V_e$ , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.5.1, harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka pertemuan-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. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada  $M_{pr}$  komponen struktur transversal yang merangka ke dalam joint. Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.



**Gambar 4.9** Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada kolom dengan  $f_s = 1.25 f_y$

$$M_{pr} = M_b = 1868.26/\emptyset = 1868.26/0.65 = 2874.246 \text{ kNm}$$

Bila dianggap  $M_{pr}$  yaitu momen balance kolom interior diatas dan dibawah lantai 1 sama besar maka :

$$V_e = (2 \times M_{pr}) / l_n \\ = (2 \times 2874.246) / (4-0.6) = 1690.733 \text{ kN}$$

#### Perhitungan $M_{pr}$ balok :

$M_{pr}$  balok yang digunakan adalah  $M_{pr}$  yang saling berlawanan arah. Pada perhitungan ini digunakan  $M_{pr}$  dari balok di satu sisi HBK dan  $M_{pr}^+$  dari sisi HBK lainnya dengan menganggap momen lentur diatas dan bawah kolom yang mendukung lantai 1 berbanding kebalikan dengan tinggi masing-masing ( $l_1$  dan  $l_2$ ) kolom, maka akan diperoleh gaya geser rencana berdasarkan  $M_{pr}$  balok sebagai berikut :

$$M_{pr}^+ = 293.584 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^- = 382 \text{ kNm}$$

$$V_u = 2 \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{L_1} + \frac{L_1}{L_1 + L_2}$$

Dimana :  $L_1 = 4 \text{ m}$  dan  $L_2 = 4 \text{ m}$

Maka :

$$V_u = 2 \frac{293.584 + 382}{4} + \frac{4}{4 + 4} = 396.902 \text{ kN}$$

#### **4.6.2.8 Pengekangan Kolom**

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung kolom sepanjang  $l_o$  harus dikekang oleh tulangan transversal ( $A_{sh}$ ) dengan spasi sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.6

$$l_o \geq h = 800 \text{ mm}$$

$$\geq 1/6 \times \text{tinggi bersih kolom} = 1/6 \times 3400 = 566.67 \text{ mm}$$

$$\geq 500 \text{ mm}$$

dimana  $s$  tidak boleh lebih besar dari :

- $1/4$  dimensi terkecil kolom =  $1/4 \times 800 = 200 \text{ mm}$
- $6 \times d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \blacksquare S_o &= 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) \\ S_o &= 100 + \left( \frac{350 - (0.5 \times (800 - 2 \times (40 + 16/2)))}{3} \right) \\ &= 99.33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Maka dipakai jarak sengkang ( $s$ ) = 75 mm

$A_{sh \text{ min}}$  sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$A_{sh} = 0.3 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}} \left[ \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.09 \frac{s b_c f'c}{f_{yt}}$$

Dimana :

$S$  = jarak spasi tulangan transversal (mm)

$b_c$  = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

$A_g$  = luasan penampang kolom (mm<sup>2</sup>)

$A_{ch}$  = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm<sup>2</sup>)

$f_{yh}$  = kuat leleh tulangan transversal (MPa)

Dengan asumsi :

$$s = 75 \text{ mm}$$

$$b_c = b - 2d' - ds = 800 - 2(16) - 40 = 728 \text{ mm}$$

$$A_g = 800 \times 800 = 640000 \text{ mm}^2$$

$$A_{ch} = (800 - 40)^2 = 577600 \text{ mm}^2$$

$$f_{yh} = 400 \text{ MPa}$$

Maka :

$$A_{sh} = 0.09 \frac{75 (728) 40}{400} = 491.4 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0.3 \frac{100 (728) 40}{400} \left[ \frac{640000}{577600} - 1 \right] = 176.958 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 3D16-75 ( $A_{sh}=603.186 \text{ mm}^2$ ) > 491.4 mm<sup>2</sup>

Mengingat beban aksial terfaktor kolom minimal 7686.36 kN > 2560 kN, maka  $V_c$

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g}\right) \frac{\sqrt{f'_c}}{6} bw d \\ &= \left(1 + \frac{7686359.4}{14 \times 800 \times 800}\right) \frac{\sqrt{40}}{6} 800 \times 728 \\ &= 1140542.226 \text{ N} \\ &= 1140.542 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dipakai tulangan 3D16 – 75 mm ( $A_v = 603.18 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_s f_y d}{s} \\ &= \frac{603.186 \times 728}{75} \\ &= 2341969.359 \text{ N} \\ &= 2341.969 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \phi(V_s + V_c) &> V_u \\ 0.65 (2341.969 + 1140.542) &> 397.902 \text{ kN} \\ 2263.633 \text{ kN} &> 397.902 \text{ kN} \dots\dots \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Ini membuktikan bahwa  $A_{sh}$  sudah cukup menahan geser.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.5, sisa panjang kolom diluar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :

- $6 \times db = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- $150 \text{ mm}$

Maka dipakai  $s = 150 \text{ mm}$ .

#### 4.6.2.9 Panjang Lewatan Sambungan

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.2, sebagai berikut :

$$l_d = \frac{d_b f_y}{4 \sqrt{f'_c}} \geq 0.04 d_b f_y$$



$$l_d = \frac{25 \cdot 400}{4 \sqrt{40}} \geq 0.04 \cdot 25 \cdot (400)$$

$$l_d = 395.284 < 400 \text{ mm}$$

Sehingga panjang lewatan yang digunakan adalah 400 mm

#### 4.6.2.10 Kontrol Kebutuhan Tulangan Torsi

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$N_u = 7686359.4 \text{ N}$$

$$T_u = 4469400 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} T_n &= \emptyset 0.33 \sqrt{f'c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0.33 \sqrt{f'c}}} \\ &= 0.65 \cdot 0.33 \sqrt{40} \left( \frac{640000^2}{3200} \right) \sqrt{1 + \frac{7686359.4}{0.33 \sqrt{40}}} \\ &= 333238903459.34 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$T_n > T_u$$

$$333238903459.34 \text{ Nmm} > 4469400 \text{ Nmm}$$

Maka tulangan torsi diabaikan.

### 4.6.3 Perencanaan Dinding Geser

#### 4.6.3.1 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut :

Tebal dinding	: 30 cm
Tebal decking	: 40 mm
Tulangan	: 16 mm
d'	: 260 mm
Mutu tulangan (fy)	: 400 MPa
Mutu beton (f'c)	: 40 MPa
Tinggi lantai	: 400 cm
Lebar dinding	: 400 cm

Berdasarkan hasil perhitungan SAP didapat gaya aksial dan momen yang bekerja pada kolom, yaitu :

Gaya aksial	: 6746.98 kN
Momen	: 2829.43 kNm
Gaya geser	: 410.08 kN

#### 4.6.3.2 Kontrol Ketebalan minimum dinding geser

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.3, ketebalan dinding tidak boleh kurang dari :

1.  $\frac{1}{25} \lambda_c = \frac{1}{25} 4000 = 160 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  (OK)
2.  $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$  (OK)

Jadi, ketebalan *shear wall* 300 mm sudah memenuhi persyaratan.

#### 4.6.3.3 Kontrol Dimensi Penampang terhadap gaya geser

Kontrol dimensi penampang dinding geser terhadap gaya geser, tidak boleh diambil melebihi  $0.83A_{cv}\sqrt{f'c}$

$$V_u < 0.83A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$410.08 \text{ kN} < 0.83 (30 \times 400) \frac{\sqrt{40}}{10}$$

$$410.08 \text{ kN} < 6299.257 \text{ kN} \dots \text{ (OK)}$$

#### 4.6.3.4 Penulangan Geser *Shear Wall*

Terdapat dua kondisi berdasarkan SNI 03-2847-2013 untuk menentukan jumlah lapisan tulangan pada dinding, yaitu :

- a. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.2.2 : bahwa sedikitnya harus dipasang dua lapis tulangan pada dinding apabila gaya geser terfaktor melebihi

$$0.17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$$

$$V_u < 0.17 \times 30 \times 400 \times \frac{\sqrt{40}}{10}$$

$$410.08 \text{ N} < 1290.209 \text{ Kn}$$

- b. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.  
300 mm > 250 mm

Berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

#### 4.6.3.5 Penulangan Geser Vertikal dan Horizontal

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.4.1, kuat geser dinding struktural dikatakan mencukupi apabila dipenuhi kondisi berikut :

$$V_u < \phi V_n$$

$$V_n = A_{cv} [ \alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_n f_y ]$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{68}{4} = 17 > 2 ; \text{ maka digunakan } \alpha_c = 0.17$$

Dinding geser direncanakan dengan menggunakan tulangan geser 2 D 16 ( $A_s = 402.12 \text{ mm}^2$ ) dengan  $s = 200 \text{ mm}$  pada arah vertikal dan horizontal.

$$\rho_n = \frac{A_s}{d' x s} = \frac{2 x \frac{1}{4} x \pi x 16^2}{260 x 200} = 0.0077$$

$$V_n = 300 x 4000 [ 0.17\sqrt{40} + 0.0077 x 400 ] = 5002122 \text{ N}$$

$$V_u < V_n$$

$$410.08 \text{ kN} < 5002.122 \text{ kN} \dots\dots \text{ (OK)}$$

#### 4.6.3.6 Kontrol Rasio tulangan vertikal dan horizontal

- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.9.9.4 : rasio tulangan vertikal ( $\rho_l$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025
- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.9.9.2 : rasio tulangan horizontal ( $\rho_t$ ) tidak boleh kurang dari 0.0025

Dipakai tulangan vertikal dan horizontal 2Ø16 ( $A_s = 402.12 \text{ mm}^2$ ) dengan rasio tulangan :

$$\rho_n = \frac{A_s}{d'x_s} = \frac{2x\frac{1}{4}x\pi x 16^2}{260x200} = 0.0077 > 0.0025$$

#### 4.6.3.7 Kontrol spasi tulangan vertikal dan horizontal

- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.1 : spasi tulangan vertikal dan horizontal tidak boleh lebih dari 450 mm.  
S pakai = 200 mm > 450 mm **(OK)**
- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.9.9.3 : spasi tulangan horizontal tidak boleh lebih dari :  
 $s \leq \frac{Lw}{5} = 800 \text{ mm}$   
 $s \leq 3h = 1200 \text{ mm}$   
 s pakai = 200 mm **(OK)**
- Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 11.9.9.5 : spasi tulangan vertikal tidak boleh lebih besar dari :  
 $s \leq \frac{Lw}{3} = 1333 \text{ mm}$   
 $s \leq 3h = 1200 \text{ mm}$   
 s pakai = 200 mm **(OK)**

#### 4.6.3.8 Kontrol Komponen Batas

Komponen batas diperlukan apabila kombinasi momen dan gaya aksial terfaktor yang bekerja pada shearwall lebih dari 0.2 f'c SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.6.3

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0.2 f'c$$

$$\frac{2829.43 \times 10^6}{\frac{1}{6} \times 300 \times 4000^2} + \frac{6746.98 \times 10^3}{300 \times 4000} > 0.2 \times 40$$

9.159 MPa > 8 MPa (Butuh Komponen Batas)

$$c > \frac{lw}{600 \left(\frac{\delta u}{hw}\right)} ; \frac{\delta u}{hw} > 0.007$$

$$\frac{\delta u}{hw} = \frac{587}{68000} = 0.0086 > 0.007$$

As total = 8645.663 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{8645.663 \times 400}{0.85 \times 40 \times 300} = 339.046 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{339.046}{0.76} = 443.611$$

$$443.611 > \frac{4000}{600 (0.0086)}$$

443.611 mm < 772.289 mm (tidak butuh komponen batas)

Berdasarkan 2 syarat diatas salah satu syarat mengharuskan penggunaan komponen batas, maka berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.6.4, komponen batas harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar tidak kurang dari pada (c-0.1 l<sub>w</sub>) dan c/2

$$c - 0.1 l_w = 443.611 - 0.1 (4000) = 43.611 \text{ mm}$$

$$c/2 = 443.611/2 = 221.806 \text{ mm}$$

Jadi komponen batas harus dipasang minimal sejauh 221.806 mm , untuk memudahkan pemasangan komponen batas dipasang hingga 250 mm.

#### 4.6.3.9 Penulangan pada komponen batas

Digunakan tulangan transversal dengan diameter 16 mm untuk arah penulangan komponen batas.

Dimana  $s$  tidak boleh lebih besar dari :

- $\frac{1}{4} h = \frac{1}{4} 400 = 100 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - hx}{3} \right)$$

$$S_o = 100 + \left( \frac{350 - (0.5x(300 - 2x(40 + \frac{16}{2})))}{3} \right)$$

$$= 182.667 \text{ mm}$$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Diambil  $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{xh} = \frac{0.09 \times s \times hc \times f'c}{f_y} = \frac{0.09 \times 100 \times 304 \times 40}{400}$$

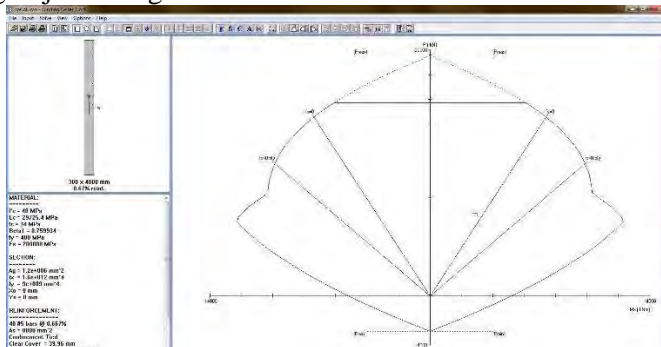
$$= 183.6 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2kaki D16 – 100

$$A_s = 402.124 \text{ mm}^2 > 183.6 \text{ mm}^2$$

#### 4.6.3.10 Cek Desain *Shearwall* dengan *SPColumn*

Dengan menggunakan program *SPColumn* didapatkan analisa penampang dari *shearwall* terhadap gaya aksial dan momen yang terjadi sebagai berikut :



**Gambar 4.10** Grafik Interaksi Aksial dan Momen pada Dinding Geser

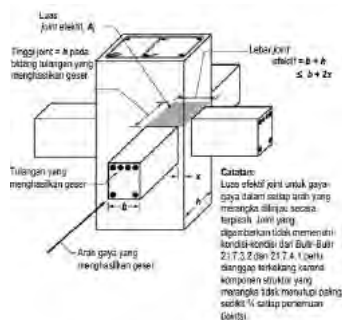
Berdasarkan hasil analisa SPColumn, penampang shearwall dengan penulangan 2D16-200 dapat menahan gaya aksial dan momen yang terjadi.

#### 4.6.4 Hubungan Balok Kolom

Sesuai dalam ketentuan yang telah diatur oleh SNI bahwa suatu joint telah diatur secara lengkap dalam SNI 03-2847-2013 pasal 21.7 yaitu mengenai *joint* rangka momen khusus. Dimana dalam suatu *joint* telah dijelaskan dalam pasal 21.7.3.2 telah dijelaskan bahwa komponen struktur merangka kedalam semua empat sisi *joint* bilamana setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit ( $\frac{3}{4}$ ) lebar kolom harus dipasang tulangan transversal sedikitnya setengah dari yang diisyaratkan oleh SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4 (a) dan (b) dan s lebih kecil dari 150 mm.

Kekuatan geser nominal ( $V_n$ ) untuk beton berat normal dalam SNI pasal 21.7.4 telah disebutkan bahwa  $V_n$  *joint* tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka  $V_n = 1.7 \times \sqrt{f'c} A_j$
- Untuk *joint* yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan,  $V_n = 2 \times \sqrt{f'c} A_j$
- Untuk kasus-kasus lainnya,  $V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j$



**Gambar 4.11** Gambar Hubungan Balok Kolom

#### 4.6.4.1 Perencanaan Hubungan Balok Kolom

Pada perencanaan hubungan balok kolom terdapat beberapa jenis hubungan balok kolom, yaitu terdapat dalam tabel berikut.

**Tabel 4.16** Tipe HBK

Tipe	Sisi terkekang	Pengekang			
		BI	BI	BI	BI
A	4	BI	BI	BI	BI
B	3	BI	BI	BI	
C	2	BI	BI		

#### 4.6.4.2 Tulangan Transversal pada HBK

Terdapat beberapa jenis kolom, sehingga pada perhitungan hubungan balok kolom diambil salah satu jenis kolom pada salah satu tipe hubungan balok kolom.

**Tabel 4.17** HBK Tipe A Kolom 80/80

	B	H	( $3/4 h$ )	$b > (3/4 h)$
K (mm)	800	800		
BI (mm)	300	600	600	tidak mengekang

Pada hubungan balok kolom tipe A tersebut bertemu 4 balok, tetapi menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.7.3.2, balok tersebut belum dikategorikan mengekang kolom karena tidak memenuhi persyaratan yang ada sehingga digunakan tulangan sengkang tertutup praktis dengan menggunakan  $A_{sh}$  ujung kolom untuk HBK yaitu 3D16-75 mm. untuk tipe kolom lainnya digunakan tulangan sengkang sebagai berikut :

**Tabel 4.18** Tulangan pada HBK

Kolom	Tulangan Sengkang
K 70/70	3D16 - 100 mm
K 60/60	3D16 - 125 mm
K 50/50	3D16 - 125 mm



#### 4.6.4.3 Cek Geser pada HBK

Pada data hubungan balok kolom tipe A yang telah disebut diatas, didapat dimensi hbk , yaitu :

$$b = \text{balok} = 300 \text{ mm}$$

$$h = \text{h kolom} = 800 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$A_j = b \times h = 240000 \text{ mm}^2$$

$$f'c = 40 \text{ MPa}$$

$$V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j = 1 \times \sqrt{40} 240000 = 1517893.3 \text{ N}$$

(kuat geser)

Dari analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 200 didapatkan, nilai gaya geser terbesar adalah  $17265.72 \text{ kg} = 172657.2 \text{ N}$

$$V_n \text{ hbk} > V_u \text{ SAP}$$

$$1517893.3 \text{ N} > 172657.2 \text{ N} \dots \text{(OK)}$$

Kuat geser hubungan balok kolom lebih besar daripada kuat geser yang terjadi, sehingga hubungan balok kolom tipe A memenuhi persyaratan.

Dengan menggunakan perhitungan yang sama untuk semua tipe hubungan balok kolom, didapatkan hasil semua hubungan balok kolom yang direncanakan memenuhi persyaratan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.15

**Tabel 4.19** Geser pada HBK

K 80/80	b	h	3/4 hkolom	
Bl	300	600	600	Tidak mengegang
Vn	$V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j$	1517893.28 N		
Vu	172657.2	N	< Vn	<b>OK</b>
K 70/70	b	h	3/4 hkolom	
Bl	300	600	525	Tidak mengegang
Vn	$V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j$	1328156.62 N		
Vu	199855.4	N	< Vn	<b>OK</b>
K 60/60	b	h	3/4 hkolom	
Bl	300	600	450	Tidak mengegang
Vn	$V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j$	1138419.96 N		
Vu	185309	N	< Vn	<b>OK</b>
K 50/50	b	h	3/4 hkolom	
Bl	300	600	375	Tidak mengegang
Vn	$V_n = 1 \times \sqrt{f'c} A_j$	948683.298 N		
Vu	137166.7	N	< Vn	<b>OK</b>

## **BAB V**

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **5.1 Perencanaan Pelat**

Pelat yang direncanakan pada gedung Rumah Sakit ini terbagi menjadi lima, pembagian ini berdasarkan perbedaan dari beban yang diterima tiap pelat.

##### **5.1.1 Data Perencanaan Pelat**

Mutu bahan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain sebagai berikut :

- Mutu beton : 25 MPa
- Mutu baja : 320 MPa
- Tebal pelat atap : 15 cm
- Tebal pelat lantai : 15 cm
- Tebal pelat basement : 30 cm
- Diameter tulangan rencana (D) : 10 mm

##### **5.1.2 Pembebanan Pelat**

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

#### **1. Pelat Atap**

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

##### Beban Mati

- Pelat =  $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung =  $7 \text{ kg/m}^2$
- Plafond =  $11 \text{ kg/m}^2$

- Spesi (t = 2 cm) =  $0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
  - Aspal (t = 1 cm) =  $0.01 \times 14 = 0.14 \text{ kg/m}^2$
  - Plumbing & Ducting =  $30 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{DT} = 408.56 \text{ kg/m}^2$$

### Beban Hidup

- Beban pada atap datar =  $96 \text{ kg/m}^2$
  - Beban air hujan =  $20 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{LT} = 116 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 408.56 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 116 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 675.872 \text{ kg/m}^2$$

## **2. Pelat Lantai 1-2**

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

### Beban Mati

- Pelat =  $0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung =  $7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafond =  $11 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi (t = 2 cm) =  $0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
  - Tegel (t = 2 cm) =  $0.02 \times 24 = 0.48 \text{ kg/m}^2$
  - Plumbing & Ducting =  $30 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{DT} = 408.9 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (Lantai Rumah Sakit)

$$q_{LT} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 408.9 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 250 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 890.68 \text{ kg/m}^2$$

**3. Pelat Lantai 3-14**

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

Beban Mati

- Pelat  $= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafond  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi ( $t = 2 \text{ cm}$ )  $= 0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
  - Tegel ( $t = 2 \text{ cm}$ )  $= 0.02 \times 24 = 0.48 \text{ kg/m}^2$
  - Plumbing & Ducting  $= 30 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{DT} = 408.9 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (Beban Ruang Rawat Inap)

$$q_{LT} = 287 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 408.9 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 287 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 949.88 \text{ kg/m}^2$$

#### 4. Pelat Lantai 15-16

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

##### Beban Mati

- Pelat  $= 0.15 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$
  - Penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
  - Plafond  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi (t = 2 cm)  $= 0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
  - Tegel (t = 2 cm)  $= 0.02 \times 24 = 0.48 \text{ kg/m}^2$
  - Plumbing & Ducting  $= 30 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{DT} = 408.9 \text{ kg/m}^2$$

##### Beban Hidup (Beban Ruang Serba Guna)

$$q_{LT} = 400 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 408.9 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 400 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 1130.68 \text{ kg/m}^2$$

#### 5. Pelat Basemen

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

##### Beban Mati

- Pelat  $= 0.2 \times 2400 = 480 \text{ kg/m}^2$
- Penggantung  $= 7 \text{ kg/m}^2$
- Plafond  $= 11 \text{ kg/m}^2$
- Spesi (t = 2 cm)  $= 0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$

- Tegel ( $t = 2 \text{ cm}$ )  $= 0.02 \times 24 = 0.48 \text{ kg/m}^2$
- Plumbing & Ducting  $= 30 \text{ kg/m}^2$   
 $q_{DT} = 528.9 \text{ kg/m}^2$

### Beban Hidup (Beban Ruang Serba Guna)

$$q_{LT} = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT} \\ &= (1.2 \times 408.9 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 800 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1914.68 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 5.1.3 Penulangan Pelat

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulang lentur pelat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan data – data  $d$ ,  $f_y$ ,  $f'_c$  dan  $M_u$
2. Menentukan nilai reduksi yang digunakan
3. Menentukan harga  $\beta_1$
4. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan :

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

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

5. Menentukan harga  $m$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c}$$

6. Menentukan  $R_n$ 

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

## 7. Menghitung rasio tulangan butuh

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

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{pakai}} < \rho_{\max}$$

## 8. Menentukan luas tulangan

$$\rho = \frac{A_s}{b x d}$$

## 9. Menentukan spasi maksimum antar tulangan

$$s < 450 \text{ mm}$$

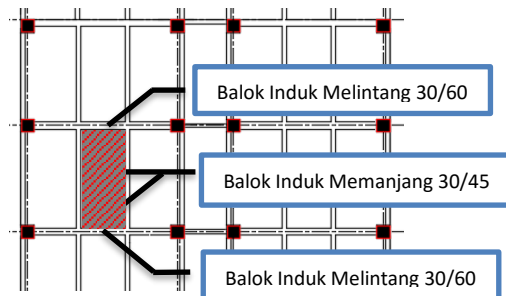
$$s < 3h$$

## 10. Menghitung jumlah tulangan tiap meter

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pakai}}$$

### 5.1.4 Penulangan Pelat Atap

#### 1. Data Perencanaan

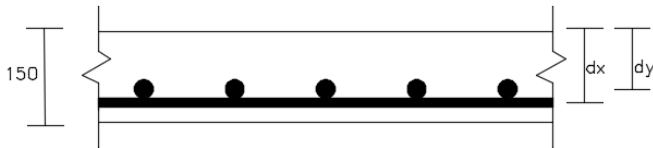


**Gambar 5.1** Pelat yang direncanakan



Data – data perencanaan untuk penulangan pelat lantai atap :

- Dimensi pelat 600 x 300 m<sup>2</sup>
- Tebal pelat 150 mm
- Tebal selimut beton 40 mm
- Diameter tulangan rencana (Ø) 10 mm  
Luas tulangan (A<sub>s</sub>) = 78.57 mm<sup>2</sup>
- Mutu tulangan baja f<sub>y</sub> = 320 MPa
- Mutu beton f<sub>c</sub>' = 25 MPa
- β<sub>1</sub> = 0.8714



**Gambar 5.2 Detail Tebal Pelat**

$dx$  = tebal pelat (h) – selimut beton (c.c) – (1/2 x diameter tulangan rencana bawah)

$$dx = 150 - 40 - \frac{1}{2} (10) = 105 \text{ mm}$$

$dy$  = tebal pelat (h) – selimut beton (c.c) – diameter tulangan atas – (1/2 x diameter tulangan rencana atas)

$$dy = 150 - 40 - 10 - \frac{1}{2} (10) = 95 \text{ mm}$$

$$L_x = 300 - \left( \frac{30+30}{2} \right) = 270 \text{ cm}$$

$$L_y = 600 - \left( \frac{30+30}{2} \right) = 570 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{570}{270} = 2.1 > 2 \longrightarrow \text{Pelat satu arah}$$

$$q_u = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} = 675.872 \text{ kg/m}^2$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{78.54 \times 320}{0.85 \times 25 \times 1000} = 1.1832 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc &= 0.85 \times f'c \times b \times a = 0.85 \times 25 \times 150 \times 1.18272 \\ &= 3771.43 \text{ N} \end{aligned}$$

$$c = \frac{a}{0.85} = \frac{1.18272}{0.85} = 1.392 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0.003 \left( \frac{105}{1.3914} - 1 \right) = 0.2233$$

Didapat  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0.005 maka digunakan faktor reduksi sebesar 0.9

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut : ( $Ly/Lx = 2.1$ )

$$Mlx = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mtx = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mly = 0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mtx = -0.001 \cdot q_u \cdot Lx^2 \cdot X$$

Dimana :  $Mlx$  = Momen lapangan arah x

$Mly$  = Momen lapangan arah y

$Mtx$  = Momen tumpuan arah x

M<sub>ty</sub> = Momen tumpuan arah y

X = Nilai konstanta dari perbandingan L<sub>y</sub>/L<sub>x</sub>

## 2. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$\beta = 2.1$  (terjepit penuh)

M<sub>lx</sub> (+) X<sub>1</sub> = 41

M<sub>tx</sub> (-) X<sub>2</sub> = 83

Dipakai X = 83

$$\begin{aligned} M_{lx} = (-) M_{tx} &= 0.001 \times q_u \times L_x^2 \times X \\ &= 0.001 \times 675.872 \times 270^2 \times 83 \\ &= 4089499.7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{25}}{320} = 0.0039$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{320}{0.85 \times 25} = 15.059$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{4089499.7}{0.9 \times 1000 \times 105^2} = 0.412 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15.059} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.059 \times 0.412}{320}} \right) = 0.0013$$

$$\rho < \rho_{\min} \text{ maka dipakai } \rho = 0.0039$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho b d_y$$

$$= 0.0039 \times 1000 \times 105 = 410.16 \text{ mm}^2$$

S<sub>maks</sub> = 450 mm (SNI 2847 2013 ps 7.6.5)

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{d10}}} = \frac{410.16}{78.57} = 5.22 \approx 6 \text{ tulangan}$$

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{6} = 166.67 \text{ mm}$$

$$s \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

$$As \text{ pasang} = n \times As = 6 \times 78.57 = 471.42 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu}$$

Jadi digunakan tulangan lentur Ø10 - 150

### 3. Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$\beta = 2.1 \text{ (terjepit penuh)}$$

$$Mlx (+) X1 = 11$$

$$Mtx (-) X2 = 57$$

$$\text{Dipakai } X = 57$$

$$\begin{aligned} Mly = (-) Mty &= 0.001 \times qu \times Lx^2 \times X \\ &= 0.001 \times 675.872 \times 270^2 \times 57 \\ &= 2808450.92 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'rc}}{fy} = \frac{0.25 \sqrt{25}}{320} = 0.0039$$

$$m = \frac{fy}{0.85 f'rc} = \frac{320}{0.85 \times 25} = 15.059$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b dx^2} = \frac{2808450.92}{0.9 \times 1000 \times 95^2} = 0.346 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) = \frac{1}{15.059} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.059 \times 0.346}{320}} \right) = 0.00109$$

$$\rho < \rho_{\min} \text{ maka dipakai } \rho = 0.0039$$

$$\begin{aligned} AS_{\text{perlu}} &= \rho b d_y \\ &= 0.0039 \times 1000 \times 95 = 371.09 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Smaks = 450 \text{ mm (SNI 2847 2013 ps 7.6.5)}$$

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ } d10} = \frac{371.09}{78.57} = 4.72 \approx 5 \text{ tulangan}$$

$$s = \frac{1000}{n} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

s pakai = 150 mm

As pasang =  $n \times As = 5 \times 78.57 = 392.85 \text{ mm}^2 > As \text{ perlu}$

Jadi digunakan tulangan lentur Ø10 – 150

### 5.1.5 Penulangan Pelat Lantai

Perhitungan kebutuhan penulangan pelat lantai 1-16 dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan pelat atap. Didapat jumlah tulangan yang digunakan sebagai berikut.

- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X digunakan tulangan lentur Ø10 – 150
- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y digunakan tulangan lentur Ø10 – 150

### 5.1.6 Penulangan pelat basemen

Perhitungan kebutuhan penulangan pelat basemen dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan pelat atap. Didapat jumlah tulangan yang digunakan sebagai berikut.

- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X digunakan tulangan lentur Ø10 – 125
- Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y digunakan tulangan lentur Ø10 – 125

## 5.2 Perencanaan Struktur Tangga

Pada gedung rumah sakit terdapat dua jenis tangga yang digunakan, berikut perhitungan dimensi dan penulangan tangga.

### 5.2.1 Tangga 1

#### 1. Data Perencanaan

Syarat perencanaan tangga :

$$60 \leq (2t + i) \leq 65$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 30 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 320 MPa
- Lebar Injakan ( $i$ ) : 30 cm
- Tanjakan ( $t$ ) : 15 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Panjang Bordes : 200 cm
- Lebar Bordes : 280 cm
- Lebar tangga : 130 cm
- Tinggi antar lantai : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang Tangga : 360 cm
- Decking tulangan : 2 cm

$$2t + i = 2(15) + 30 = 60 \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

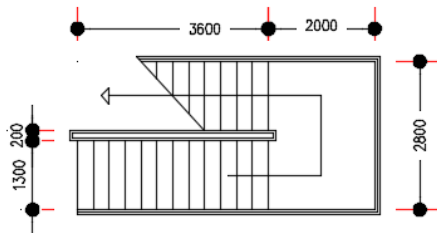
$$60 \leq (2t + i) \leq 65 \text{ (OK)}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{200}{15} = 13.33 = 13 \text{ buah}$$

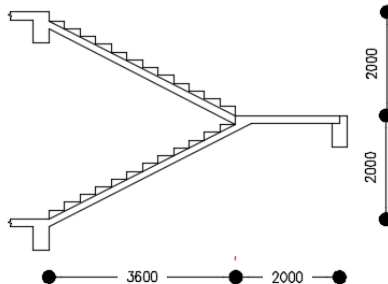
$$\text{Jumlah injakan} = 13 - 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{200}{30 \times 12} \right) = 29^\circ \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$



**Gambar 5.3 Tampak atas Tangga 1**



**Gambar 5.4 Tampak Samping Tangga 1**

## 2. Pembebanan Tangga dan Bordes

### a. Pembebanan Tangga

#### Beban Mati

- Pelat tangga  $= \frac{0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 29^\circ} = 411.608 \text{ kg/m}^2$
- Berat Injakan  $= 2400 \times \frac{0.15}{2} = 180 \text{ kg/m}^2$
- Spesi ( $t = 2\text{cm}$ )  $= 0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
- Tegel  $= 48 \text{ kg/m}^2$

- Berat pegangan =  $30 \text{ kg/m}^2$   
 $q_{DT} = 646.03 \text{ kg/m}^2$

#### Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT} \\ &= (1.2 \times 646.03 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2) \\ &= 1255.23 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### **a. Pembebanan Bordes**

##### Beban Mati

- Pelat bordes =  $360 \text{ kg/m}^2$
  - Spesi ( $t = 2 \text{ cm}$ ) =  $0.02 \times 21 = 0.42 \text{ kg/m}^2$
  - Tegel =  $48 \text{ kg/m}^2$
- $$q_{DT} = 408.42 \text{ kg/m}^2$$

##### Beban Hidup

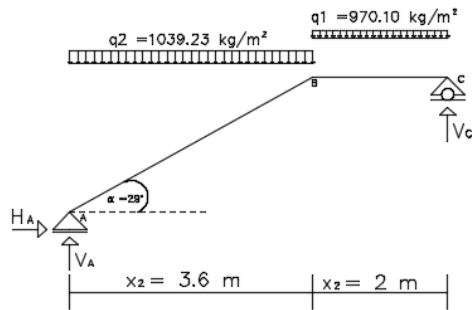
$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT} \\ &= (1.2 \times 408.42 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2) \\ &= 970.10 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### **3. Perhitungan Gaya pada Tangga**

Perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada tangga menggunakan permodelan mekanika statis tertentu dengan permisalan sendi rol.





**Gambar 5.5** Permodelan Struktur Tangga 1

Berdasarkan gambar 5.5 dilakukan perhitungan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada tangga tersebut.

$$\sum M_c = 0$$

$$V_a \times 5.6 - \{(1255.23 \times 3.6) ((0.5 \times 3.6) + 2)\} - \{(970.1 \times 2) (0.5 \times 2)\} = 0$$

$$V_a = \frac{19111.8}{5.6} = 3412.821 \text{ kg } (\uparrow)$$

$$\sum M_a = 0$$

$$V_c \times 5.6 - \{(970.1 \times 2) ((0.5 \times 2) + 3.6)\} - \{(1255.23 \times 3.6) (0.5 \times 3.6)\} = 0$$

$$V_c = \frac{15659.13}{5.6} = 3046.216 \text{ kg } (\uparrow)$$

Kontrol

$$\sum V = 0$$

$$3412.821 + 3046.216 - (970.1 \times 2) - (1255.23 \times 3.6) = -0.01$$

Hasil perhitungan mendekati 0 (OK)

- **Gaya Normal**

Bentang  $x_1$

$$N_{x_1} = 0$$

Bentang  $x_2$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } x_2 = 0 \text{ m} \longrightarrow N_a &= -V_a \sin 29^\circ + H_b \cos 29^\circ \\ &= -3412.821 \cdot \sin 32^\circ + 0 \\ &= -1657.412 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Untuk } x_2 = 3.6 \text{ m} \longrightarrow N_b &= N_a + q \times 3.6 \sin 29^\circ \\ &= -1657.412 + 1255.23 \times 36 \sin 29^\circ \\ &= 537.13 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Gaya Lintang**

Bentang  $x_1$

$$D_{x_1} = q_1 \cdot x_1 - V_c = (970.1 \cdot x_1) - 3046.216$$

$$\text{Untuk } x_1 = 0 \text{ m} \longrightarrow D_c = -3046.22 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } x_1 = 2 \text{ m} \longrightarrow D_b = -1106.01 \text{ kg}$$

Bentang  $x_2$

$$D_{x_2} = V_a - q_2 \cdot x_2 = 3412.821 - (1255.23 \cdot x_2)$$

$$\text{Untuk } x_2 = 0 \text{ m} \longrightarrow D_a = 3412.821 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } x_2 = 3.6 \text{ m} \longrightarrow D_b = -1106.02 \text{ kg}$$

- **Perhitungan Momen**

Bentang  $x_1$

$$M_{x_1} = V_c \cdot x_1 - \frac{1}{2} \cdot q_1 \cdot x_1^2$$

$$\text{Untuk } x_1 = 0 \text{ m} \longrightarrow M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Untuk } x_1 = 2 \text{ m} \longrightarrow M_b = 4152.224 \text{ kgm}$$

Bentang  $x_2$

$$Mx_2 = V_a \cdot x_2 - \frac{1}{2} \cdot q_2 \cdot x_2^2$$

Untuk  $x_2 = 0 \text{ m} \longrightarrow M_c = 0 \text{ kg}$

Untuk  $x_2 = 3.6 \text{ m} \longrightarrow M_b = 4152.244 \text{ kgm}$

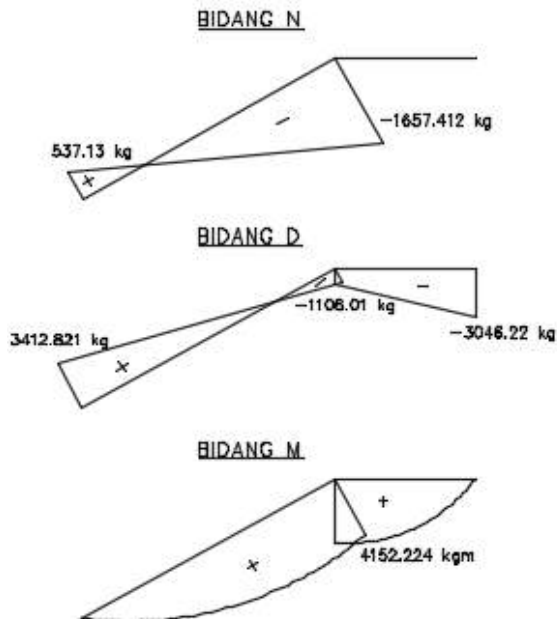
Pada tangga momen maksimum terjadi pada saat :

$$Mx_2 = 3412.821 x_2 - \frac{1}{2} 1255.23 x_2^2$$

$$\frac{dMx_2}{dx_2} = 0 \longrightarrow 3412.821 - 1255.23 x_2 = 0$$

$$x_2 = \frac{3412.821}{1255.23} = 2.72 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 3412.821 x_2 - \frac{1}{2} 1255.23 x_2^2 \\ &= 3412.821 \times 2.78 - \frac{1}{2} \times 1255.23 \times 2.78^2 \\ &= 4639.51 \text{ kgm} \end{aligned}$$



**Gambar 5.6** Gaya Dalam pada Tangga 1

#### 4. Perhitungan Penulangan Tangga

##### Untuk Anak Tangga

- $f'_c$  : 30 MPa
- $f_y$  : 320 MPa
- Tulangan (D) : 16 mm
- $d_x = 150 - 20 - (16/2)$  : 122 mm
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{320} = 0.00428$
- $\beta_1$  : 0.836
- $\rho_{\max}$  : 0.025
- $m$  :  $\frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$

##### Untuk Bordes

- $f'_c$  : 30 MPa
- $f_y$  : 320 MPa
- Tulangan (D) : 16 mm
- $d_x = 150 - 20 - (16/2)$  : 122 mm
- $\rho_{\min}$  :  $\frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{320} = 0.00428$
- $\beta_1$  : 0.836
- $\rho_{\max}$  : 0.025
- $m$  :  $\frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{320}{0.85 \times 30} = 12.55$

##### a. Penulangan Pelat Tangga

$$Mu = 4639.51 \text{ kgm} = 46395148.27 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{46395148.27}{0.9 \times 1000 \times 122^2} = 3.46 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.46}{320}} \right) = 0.01168$$

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0.01168 \times 1000 \times 122 = 1424.86 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D16-150 ( $A_{S_{\text{pakai}}} = 1527.429 \text{ mm}^2$ )

$$A_s \text{ tulangan bagi} = 20 \% A_s = 0.2 \times 1424.86 = 284.972 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8-150 ( $A_{S_{\text{pakai}}} = 301.714 \text{ mm}^2$ )

### **b. Penulangan Pelat Bordes**

$$M_u = 4152.244 \text{ kgm} = 41522442.7 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{41522442.7}{0.9 \times 1000 \times 122^2} = 3.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 3.1}{320}} \right) = 0.01036$$

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho b d$$

$$= 0.01036 \times 1000 \times 122 = 1263.924 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D16-150 ( $A_{S_{\text{pakai}}} = 1782 \text{ mm}^2$ )

$$A_s \text{ tulangan bagi} = 20 \% A_s = 0.2 \times 1263.924 = 252.785 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D8-150 ( $A_{S_{\text{pakai}}} = 301.714 \text{ mm}^2$ )

### **c. Penulangan Balok Bordes**

Digunakan dimensi balok bordes 30/60

#### Beban Mati

- Pelat Bordes =  $360 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$   
=  $720 \text{ kg/m}$

- Berat Balok =  $0.3 \times 0.6 \times 2400$   
 $= 432 \text{ kg/m}$   
 $q_{DT} = 1152 \text{ kg/m}$

### Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$$

$$= 600 \text{ kg/m}$$

### Kombinasi Beban

$$q_u = 1.2 q_{DT} + 1.6 q_{LT}$$

$$q_u = 1.2 \cdot 1152 + 1.6 \cdot 600$$

$$q_u = 2342.4 \text{ kg/m}$$

$$M_u = -1/10 \times q_u \times l^2 = -1/10 \times 2342.4 \times 2.8^2 = 1836.442 \text{ kgm}$$

$$d = 600 - 40 - 0.5 \times 16 - 8 = 544 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{18364416}{0.9} = 20404907 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{20404907}{300 \times 544^2} = 0,2298 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{320} = 0.00428$$

$$\rho = \frac{1}{12.55} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12.55 \times 0.2298}{320}} \right) = 0.000721$$

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

$$\rho_{\min} = 0.00428$$

$$A_{S\text{perlu}} = \rho b d = 0.00428 \times 300 \times 544 = 698.35 \text{ mm}^2$$

Pasang 4 D16 ( $A_{S\text{pakai}} = 804.57 \text{ mm}^2$ )

Dipakai tulangan tekan praktis 4 D16 ( $A_{S\text{pakai}} = 804.57 \text{ mm}^2$ )

Perhitungan penulangan geser :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 2342.4 \cdot 2.8 = 3279.36 \text{ kg} = 32170.52 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c}}{6} = 148980.5 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 148980.5 = 89388.32 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Maka digunakan tulangan tulangan geser praktis :

$\Phi$  10 – 150 (Pada daerah tumpuan)

$\Phi$  10 – 200 (Pada daerah lapangan)

## 5.2.2 Tangga 2

### 1. Data Perencanaan

Syarat perencanaan tangga :

$$60 \leq (2t + i) \leq 65$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 30 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 320 MPa
- Lebar Injakan (i) : 30 cm
- Tanjakan (t) : 15 cm
- Tebal pelat tangga : 15 cm
- Panjang Bordes : 200 cm
- Lebar Bordes : 270 cm
- Lebar tangga : 130 cm
- Tinggi antar lantai : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang Tangga : 360 cm
- Decking tulangan : 2 cm

$$2t + i = 2(15) + 30 = 60 \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

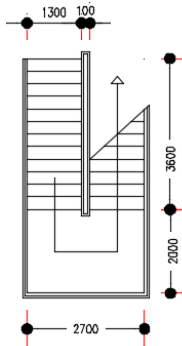
$$60 \leq (2t + i) \leq 65 \text{ (OK)}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{200}{15} = 13.33 = 13 \text{ buah}$$

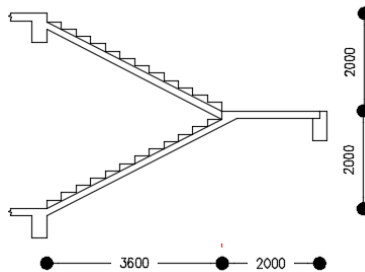
$$\text{Jumlah injakan} = 13 - 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{200}{30 \times 12} \right) = 29^\circ \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ \text{ (OK)}$$



**Gambar 5.7** Tampak atas Tangga 2



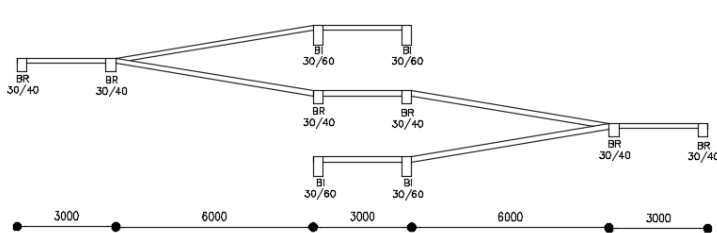
**Gambar 5.8** Tampak Samping Tangga 2



Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama dengan perhitungan penulangan tangga 1 maka didapat kebutuhan tulangan tangga 2 sebagai berikut :

- Penulangan lentur tangga : D16-150 mm
- Penulangan susut tangga : D8 – 150 mm
- Penulangan Bordes
  - Tulangan Lentur : D16-150 mm
  - Tulangan Susut : D8-150 mm
- Penulangan Balok Bordes
  - Tulangan Tarik : 4D16
  - Tulangan Tekan : 4D16
  - Tulangan Geser :  $\Phi$  10 – 200

### 5.3 Perencanaan Tulangan *Ramp*



**Gambar 5.9** Tampak Samping *Ramp*

#### 1. Data Perencanaan

- Mutu Beton ( $f'c$ ) : 40 MPa
- Mutu Baja ( $f_y$ ) : 320 MPa
- Selimut Beton : 2 cm
- $\alpha$  :  $6.7^\circ$
- Tebal bordes : 15 cm
- Panjang bordes : 300 cm

- Lebar bordes : 400 cm
- Lebar *Ramp* : 200 cm
- Tinggi antar lantai : 200 cm
- Tinggi bordes : 100 cm
- Panjang *Ramp* : 600 cm

## 2. Pembebanan Ramp dan Bordes

### a. Pembebanan Ramp

#### Beban Mati

- Pelat ramp  $= \frac{0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 6.7^\circ}$   
= 362.475 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi (t = 2 cm) = 0.02 x 21 = 0.42 kg/m<sup>2</sup>
- Tegel = 24 kg/m<sup>2</sup>
- Berat pegangan = 30 kg/m<sup>2</sup>  
q<sub>DT</sub> = 416.895 kg/m<sup>2</sup>

#### Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kombinasi} = 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT}$$

$$= (1.2 \times 416.895 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 980.275 \text{ kg/m}^2$$

### b. Pembebanan Bordes

#### Beban Mati

- Pelat bordes = 0.15 m x 2400 kg/m<sup>3</sup>  
= 360 kg/m<sup>2</sup>
- Spesi (t = 2 cm) = 0.02 x 21 = 0.42 kg/m<sup>2</sup>

- Tegel  $= 24 \text{ kg/m}^2$   
 $q_{DT} = 384.42 \text{ kg/m}^2$

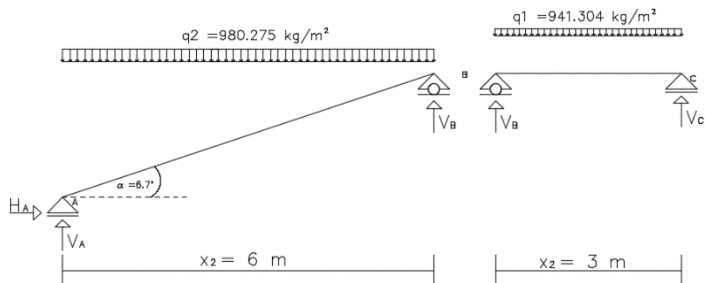
### Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT} \\ &= (1.2 \times 384.42 \text{ kg/m}^2) + (1.6 \times 300 \text{ kg/m}^2) \\ &= 941.304 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### 3. Permodelan Struktur *Ramp*

Perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada tangga menggunakan mekanika teknik statis dengan permissalan sendi rol.



**Gambar 5.10** Permodelan Struktur *Ramp*

Berdasarkan gambar 5.10 dilakukan perhitungan reaksi dan gaya dalam yang bekerja pada struktur *Ramp* tersebut.

- **Perhitungan Momen**

Momen ultimate yang terjadi pada struktur menggunakan pendekatan mekanika statis dengan besar momen sebagai berikut:

- Mu ramp :  $\frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} 980.275 \times 6^2 = 4411.2355 \text{ kgm}$
- Mu bordes :  $\frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} 941.304 \times 3^2 = 1058.967 \text{ kgm}$

#### 4. Perhitungan Penulangan

##### Untuk Ramp

- $f'_c$  : 40 MPa
- $f_y$  : 320 MPa
- Tulangan (D) : 20 mm
- $dx = 150 - 20 - (20/2) = 120 \text{ mm}$
- $\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{320} = 0.00494$
- $\beta_1 = 0.764$
- $\rho_{\max} = 0.025$
- $m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{320}{0.85 \times 40} = 9.4118$

##### Untuk Bordes

- $f'_c$  : 40 MPa
- $f_y$  : 320 MPa
- Tulangan (D) : 20 mm
- $dx = 150 - 20 - (20/2) = 120 \text{ mm}$
- $\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{320} = 0.00494$
- $\beta_1 = 0.764$
- $\rho_{\max} = 0.025$
- $m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} = \frac{320}{0.85 \times 40} = 9.4117$

**a. Penulangan Pelat Ramp**

$$Mu = 4411.2355 \text{ kgm} = 44112355 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{44112355}{0.9 \times 1000 \times 120^2} = 3.404 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{9.412} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 3.404}{320}} \right) = 0.01123$$

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

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0.01123 \times 1000 \times 120 = 1347.618 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D20-200 ( $As_{\text{pakai}} = 1570.79 \text{ mm}^2$ )

As tulangan bagi = 50 %  $As = 0.5 \times 1570.79 = 785.395 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D20-250 ( $As_{\text{pakai}} = 942.47 \text{ mm}^2$ )

**b. Penulangan Pelat Bordes**

$$Mu = 10587.967 \text{ kgm} = 10589670 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{10589670}{0.9 \times 1000 \times 120^2} = 0.817 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{9.412} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.817}{320}} \right) = 0.0026$$

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

$$As_{\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0.00494 \times 1000 \times 120 = 592.927 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan lentur D20-250 ( $As_{\text{pakai}} = 628.3 \text{ mm}^2$ )

As tulangan bagi = 50 %  $As = 0.5 \times 628.3 = 314.15 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan D20-250 ( $A_{s\text{pakai}} = 628.3 \text{ mm}^2$ )

### c. Penulangan Balok Bordes

Digunakan dimensi balok bordes 30/40.

#### Beban Mati

$$\text{Pelat Bordes} = 360 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} = 1080 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Balok} = 0.3 \times 0.4 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}$$

$$q_{DT} = 1368 \text{ kg/m}$$

#### Beban Hidup

$$q_{LT} = 300 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m}$$

$$= 900 \text{ kg/m}$$

#### Kombinasi

$$q_u = 1.2 \cdot q_{DT} + 1.6 \cdot q_{LT}$$

$$q_u = 1.2 \times 1368 + 1.6 \times 900$$

$$q_u = 3081.6 \text{ kg/m}$$

$$M_u = -1/10 \times q_u \times l^2$$

$$= -1/10 \times 3081.6 \times 4^2$$

$$= 4930.56 \text{ kgm}$$

$$d = 400 - 40 - 0.5 (16) - 8 = 344 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{49305600}{0.9} = 54784000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{54784000}{300 \times 344^2} = 1.543 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{9.412} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 1.543}{320}} \right) = 0.004937$$

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

$$A_{S\text{perlu}} = \rho b d$$

$$= 0.00494 \times 300 \times 344 = 509.917 \text{ mm}^2$$

Pasang 2D20 ( $A_s = 628.5714 \text{ mm}^2$ )

Dipakai tulangan tekan praktis 2D16 ( $A_s = 402 \text{ mm}^2$ )

Perhitungan penulangan geser :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \times 3081.6 \times 4 = 6163.2 \text{ kg} = 61632 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{bw \cdot d \sqrt{f_c}}{6} = \frac{300 \cdot 344 \sqrt{40}}{6} = 108782.4 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times 108782.4 = 65269.41 \text{ N}$$

$$V_u < \phi V_c \text{ (Tidak perlu tulangan geser)}$$

Maka digunakan tulangan geser praktis :

$\phi$  10 – 150 (Pada daerah tumpuan)

$\phi$  10 – 200 (Pada daerah lapangan)

## 5.4 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi / pendistribusian beban. Dalam perencanaan struktur Gedung Rumah Sakit Umum Daerah Koja Jakarta Utara dimensi balok anak digunakan adalah 30/45 dengan bentang 600 cm pada lantai atap.

### 5.4.1 Pembebanan Balok Anak Atap



**Gambar 5.11** Balok Anak Atap

Balok Sumbu 3 dan 4

Pembebanan plat atap

$$q_d = 408.56 \text{ kg/m}^2$$

$$q_l = 116 \text{ kg/m}^2$$

Pembebanan balok anak atap

Beban mati ( $q_d$ )

$$\text{Berat sendiri balok} = 0.3 \times 0.45 \times 2400$$

$$= 324 \text{ kg/m}$$

- Balok bentang 6 m (pelat 1 arah)

Beban mati pelat :

$$q_{eq} = \frac{1}{2} q_d L_x$$

$$= 2 \times \frac{1}{2} \times 408.56 \times 2.85$$

$$= 1164.396 \text{ kg/m}$$

Beban hidup ( $q_l$ )



$$\begin{aligned}
 q_1 \text{ plat} &= 2 \times \frac{1}{2} \times 116 \times 2.85 \\
 &= 330.6 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Balok bentang 2.875 m (pelat 2 arah)

Beban mati pelat :

$$\begin{aligned}
 q_{\text{eq}} &= \frac{1}{2} q_a L_x \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{Lx^2}{Ly^2} \right) \right\} \\
 &= 2 \times \frac{1}{2} \times 408.56 \times 2.85 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2.85^2}{2.575^2} \right) \right\} \\
 &= 688.94 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup ( $q_1$ )

$$\begin{aligned}
 q_1 \text{ plat} &= 2 \times \frac{1}{2} \times 116 \times 2.85 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2.85^2}{2.575^2} \right) \right\} \\
 &= 1010.43 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Balok bentang 4.525 m (pelat 2 arah)

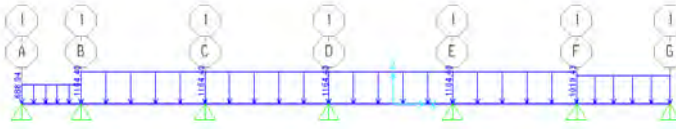
Beban mati pelat :

$$\begin{aligned}
 q_{\text{eq}} &= \frac{1}{2} q_a L_x \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{Lx^2}{Ly^2} \right) \right\} \\
 &= 2 \times \frac{1}{2} \times 408.56 \times 2.85 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2.85^2}{4.525^2} \right) \right\} \\
 &= 1010.43 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

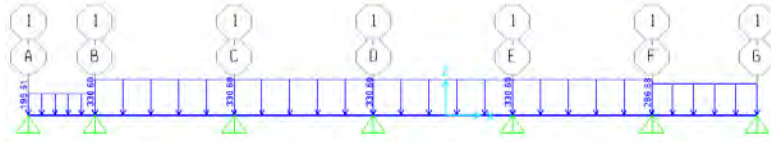
Beban hidup ( $q_1$ )

$$\begin{aligned}
 q_1 \text{ plat} &= 2 \times \frac{1}{2} \times 116 \times 2.85 \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{2.85^2}{4.525^2} \right) \right\} \\
 &= 195.61 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

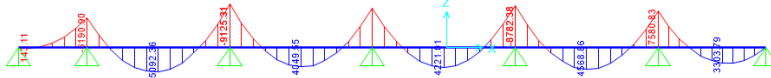
Perhitungan gaya dalam menggunakan program bantu SAP2000



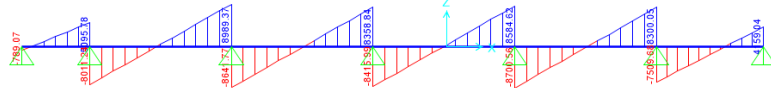
**Gambar 5.12** Input Beban Mati pada Balok Anak



**Gambar 5.13** Input Beban Hidup pada Balok Anak



**Gambar 5.14** Momen akibat beban kombinasi 1.2D + 1.6L



**Gambar 5.15** Geser akibat beban kombinasi 1.2D + 1.6L

Mu tumpuan : 9125.31 kgm (momen negatif)

Mu lapangan : 5092.36 kgm (momen positif)

Vu : 8989.37 kg

## 5.4.2 Penulangan balok Anak atap

Data perencanaan :

$f'_c = 40 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$

Tulangan Balok Diameter (D) = 16 mm

Tulangan Senggang Diameter (D) = 10 mm

$$\begin{aligned}
 Cc &= 40 \text{ mm} \\
 b &= 30 \text{ cm} \\
 h &= 45 \text{ cm} \\
 d &= h - (\text{decking} + \emptyset_{\text{senggang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul. utama}}) \\
 &= 450 - (40 + 10 + 0.5 \times 16) \\
 d &= 450 - 58 = 392 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 5.4.2.1 Perhitungan Tulangan Lentur Lapangan

**Menentukan harga  $\beta_1$**

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} \\
 &= 0.85 - 0.05 (40 - 28) / 7 = 0.764
 \end{aligned}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

**1. Mencari  $\rho$  maksimum**

$$\rho_{\max} = 0.025$$

**2. Mencari  $\rho$  minimum**

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.0039$$

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

Dari kedua harga  $\rho_{\min}$  tersebut, diambil harga yang terkecil = 0.0035

**3. Menentukan harga m**

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.765$$

**4. Menentukan Mn yang digunakan**

$$M_n = M_u / \Phi$$

$$M_u = 5092.36 \text{ kgm}$$

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times f'c \times b} = \frac{201.06 \times 400}{0.85 \times 40 \times 300} = 7.885 \text{ mm}$$

$$Cc = 0.85 \times f'c \times h \times a = 0.85 \times 40 \times 450 \times 7.885 \\ = 120636 \text{ N}$$

$$C = \frac{a}{0.85} = \frac{7.885}{0.85} = 9.276 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0.003 \left( \frac{392}{9.276} - 1 \right) = 0.123$$

Didapat  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0.005 maka digunakan faktor reduksi sebesar 0.9

$$\phi = 0.9$$

$$Mn = 5092.36/9 = 5658.178 \text{ kgm}$$

### 5. Menentukan $Rn$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{56581778}{300 \times 392^2} = 1.28 \text{ N/mm}$$

### 6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{11.75} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.76 \times 1.28}{400}} \right) =$$

0.0031

Dimana :

$$\rho < \rho_{\min} \text{ Jadi, } \rho_{\text{pakai}} = 0.003953$$

### 7. Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dari $\rho$ yang didapat

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

$$A_s = 0.003953 \times 300 \times 392 = 464.855 \text{ mm}^2$$

### 8. Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_{sd}} = \frac{464.855}{201.143} = 2.311 \approx 3 \text{ tulangan}$$

Dipakai 3D16 ( $A_s = 603.429 \text{ mm}^2$ )

### 9. Menentukan jarak tulangan

$$s = \frac{b - n\phi l - 2.Cc - 2\phi s}{n - 1} = \frac{300 - 2 \times 16 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1} = 76 \text{ mm}$$

Jarak 76 mm > 25 mm (**memenuhi**)

### 5.4.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur Tumpuan

#### 1. Menentukan Mn yang digunakan

$$M_n = M_u / \Phi$$

$$M_u = 9125.31 \text{ kgm}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{201.06 \times 400}{0.85 \times 40 \times 300} = 7.885 \text{ mm}$$

$$C_c = 0.85 \times f'_c \times h \times a = 0.85 \times 40 \times 450 \times 7.885 \\ = 120636 \text{ N}$$

$$C = \frac{a}{0.85} = \frac{7.885}{0.85} = 9.276 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = 0.003 \left( \frac{d}{c} - 1 \right) = 0.003 \left( \frac{392}{9.276} - 1 \right) = 0.123$$

Didapat  $\epsilon_t$  lebih besar dari 0.005 maka digunakan faktor reduksi sebesar 0.9

$$\phi = 0.9$$

$$M_n = 9125.31 / 0.9 = 10139.233 \text{ kgm}$$

#### 2. Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{101392333.3}{300 \times 392^2} = 2.199 \text{ N/mm}$$

#### 3. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11.75} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.76 \times 2.199}{400}} \right) = 0.00495$$

Dimana :

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

Jadi,  $\rho_{\text{pakai}} = 0.00495$

#### 4. Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dari $\rho$ yang didapat

$$A_s = \rho b d$$

$$A_s = 0.00495 \times 300 \times 392 = 582.12 \text{ mm}^2$$

#### 5. Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_{sd}} = \frac{582.12}{201.143} = 2.894 \approx 3 \text{ tulangan}$$

Dipakai 3D16 ( $A_s = 603.429 \text{ mm}^2$ )

#### 6. Menentukan jarak tulangan

$$s = \frac{b-n\phi l-2.Cc-2\phi s}{n-1} = \frac{300-2 \times 16-2 \times 40-2 \times 10}{3-1} = 76 \text{ mm}$$

Jarak 76 mm > 25 mm (**memenuhi**)

#### 5.4.2.3 Perhitungan Tulangan Geser

Langkah – langkah perhitungan :

1. Hitung  $V_u$  pada titik berjarak  $d$  dari ujung perletakan
2. Cek  $V_u \leq \phi (V_c + 2/3 \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d)$

Bila tidak memenuhi maka perbesaran penampang

3. Kriteria kebutuhan tulangan geser :

- a.  $V_u \leq 0.5 \phi V_c \rightarrow$  Tidak perlu penguatan geser (5.1)

- b.  $0.5 \phi V_c < V_u < \phi V_c \rightarrow$  perlu tulangan geser minimum  
 $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ minimum} = \phi 1/3 b_w d$  (5.2 dan 3)  
 $S \leq d/2$

- c.  $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min}) \rightarrow$  diperlukan tulangan geser  
 $\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ minimum} = \phi 1/3 b_w d$  (5.4 dan 3)  
 $S \leq d/2$

- d.  $\phi (V_c + V_s \text{ min}) < V_u \leq \phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c'} \cdot b_w \cdot d) \rightarrow$  perlu tulangan geser. (5.6)  
 $\phi V_s \text{ perlu} = V_u - \phi V_c$   
 $S_{\text{max}} = d/2$

$$e. \quad \Phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) < V_u \leq \Phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) \rightarrow$$

perlu tulangan geser. (5.7)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (5.8)$$

$$S_{\max} = d/4$$

Dimana :

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (5.9)$$

$$V_s = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (5.10)$$

$$V_{s \min} = \frac{1}{3} bw \cdot d$$

$$\Phi = 0.6 \text{ (untuk geser)}$$

Keterangan :

- $V_c$  = Kekuatan geser nominal yang diakibatkan oleh beton
- $V_s$  = Kekuatan geser nominal yang diakibatkan oleh tulangan geser
- $V_n$  = Kekuatan geser nominal ( $V_c + V_s$ )
- $V_u$  = Gaya geser berfaktor

Menurut SNI-03-2847-2013 Pasal 21.3.3.4 :

Jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang tertutup tidak boleh melebihi  $d/2$ .

### 1. Cek Kemampuan Penampang

$$V_u \leq \Phi \left( V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right)$$

Data penampang yang di cek

$$V_u = 8989.37 \text{ kg} = 88185.72 \text{ N}$$

$$V_s = \left( \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 300 \times 392 = 247922.57 \text{ N}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} b_w \cdot d = \frac{1}{3} \times 300 \times 392 = 39200 \text{ N}$$

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d\right) = \left(\frac{1}{6} \sqrt{40} \times 300 \times 392\right) = 123961.284 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \emptyset (V_c + 2/3 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) &= 0.6(123961.284 + 2/3 \cdot \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 392) \\ &= 371883.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u < \emptyset (V_c + 2/3 \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d) \dots \text{ (Memenuhi)}$$

## 2. Cek kriteria kebutuhan tulangan geser

a.  $0.5 \phi V_c = 0.5 \times 0.6 \times 123961.284 = 37188.385 \text{ N}$

$$V_u = 88185.72 \text{ N} \geq 0.5 \phi V_c = 37188.385 \text{ N}$$

**(Tidak memenuhi)**

b.  $0.5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \rightarrow$  dipakai tulangan geser

$$0.5 \phi V_c = 37188.385 \text{ N} \leq V_u = 88185.72 \text{ N}$$

$$V_u = 88185.72 \text{ N} \geq \phi V_c = 74376.77 \text{ N}$$

**(Tidak memenuhi)**

c.  $\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\min}}) \rightarrow$  dipakai tulangan geser

$$\phi V_c = 74376.77 \text{ N}$$

$$V_u = 88185.72 \text{ N}$$

$$\phi (V_c + V_{S_{\min}}) = 97896.77 \text{ N}$$

**(Memenuhi)**

**Jadi termasuk kategori 3  $\rightarrow$  diperlukan tulangan geser**

$$\text{Syarat } S_{\max} < d/2 = 392/2 = 196 \text{ mm}$$

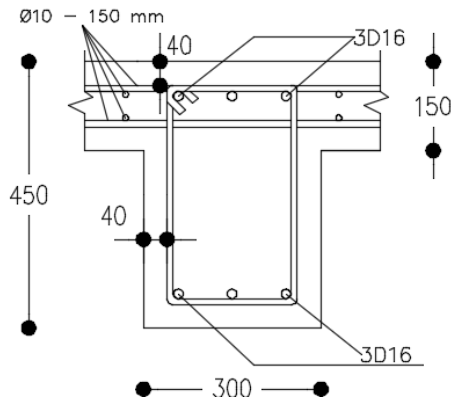
Dipakai sengkang  $2 \phi 10 - 150 \text{ mm}$

$$A_{v(\min)} = \frac{b_w S}{3 \cdot f_y} = \frac{300 \times 150}{3 \times 400} = 37.5 \text{ mm}^2$$

$$A_{v \text{ pakai}} > A_{v \text{ min}} \dots \text{ (OK)}$$

Penulangan tumpuan dan lapangan pada balok anak





**Gambar 5.16** Detail Penulangan Balok Anak Atap

## 5.5 Perencanaan Balok Lift

Lift merupakan struktur sekunder yang berfungsi untuk mengangkat orang atau barang menuju ke lantai yang berbeda tingginya. Perencanaan balok lift meliputi balok – balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok – balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh PT. Jaya Kencana dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merek : Sigma
- Kecepatan : 1.75 m/s
- Kapasitas : 1600 kg
- Lebar pintu (opening width) : 1100 mm
- Dimensi sangkar (car size) :
  - Outside : 2500 x 2800 mm<sup>2</sup>
  - Inside : 1500 x 2300 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin : 2500 x 2800 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :

$R_1 = 10200$  kg (Berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan)

$R_2 = 7000$  kg (Berat bandul pemberat + perlengkapan)

### 5.5.1 Perencanaan dimensi awal balok Lift

- a. Balok penggantu lift

Panjang balok penggantung lift = 300 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18.75 \text{ cm, ambil dimensi } 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 60 = 40 \text{ cm, ambil dimensi } 40 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 40/60.

- b. Balok penumpang lift

Panjang balok penggantung lift = 300 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{300}{16} = 18.75 \text{ cm, ambil dimensi } 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 60 = 40 \text{ cm, ambil dimensi } 40 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penumpang lift 40/60.

### 5.5.2 Pembebanan balok lift

- a. Beban yang bekerja pada balok penumpang

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan dan akibat banduk pemberat + perlengkapan.

- b. Koefisien kejutan beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan

mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot v) \geq 1.15$$

Dimana :

$\Psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1.15

$v$  = Kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0.6

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1.3

Jadi beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= \sum R \cdot \Psi = (10200 + 7000) \times (1 + 0.6 \times 1.3 \times 1) \\ &= 17200 \times 1.78 \\ &= 30616 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 5.5.2.1 Pembebanan balok penggantung lift

Beban Mati ( $q_d$ ) :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0.40 \times 0.60 \times 2400 \\ &= 576 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat beton} &= 0.15 \times 3 \times 2400 \\ &= 1080 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal (t = 2cm)} &= 2 \times 3 \times 14 \\ &= 84 \text{ kg/m} \\ q_d &= 1656.84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup ( $q_l$ ):

$$\begin{aligned} q_l &= 250 \text{ kg/m} \\ \text{Beban berfaktor } q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 \times 1740 + 1.6 \times 250 \\ &= 2488 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift  $P = 30616 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\ &= \frac{1}{2} 2488 \times 3 + \frac{1}{2} 30616 \\ &= 19040 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} \times 30616 \times 3 \\ &= \frac{1}{8} 2488 \times 3^2 + \frac{1}{4} \times 30616 \times 3 \\ &= 25761 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### **5.5.2.2 Pembebanan balok penumpu lift**

Beban Mati ( $q_d$ ):

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok} &= 0.40 \times 0.60 \times 2400 \\ &= 576 \text{ kg/m} \\ \text{Berat pelat beton} &= 0.15 \times 3 \times 2400 \\ &= 1080 \text{ kg/m} \\ \text{Berat aspal (t = 2cm)} &= 2 \times 3 \times 14 \\ &= 84 \text{ kg/m} \\ q_d &= 1656.84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup ( $q_l$ ) :

$$q_l = 250 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban berfaktor } q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 \times 1740 + 1.6 \times 250 \\ &= 2488 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift  $P = 30616 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\ &= \frac{1}{2} 2488 \times 3 + \frac{1}{2} 30616 \\ &= 19040 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} \times 30616 \times 3 \\ &= \frac{1}{8} 2488 \times 3^2 + \frac{1}{4} \times 30616 \times 3 \\ &= 25761 \text{ kgm} \end{aligned}$$

### 5.5.3 Penulangan balok lift

#### 5.5.3.1 Penulangan balok penggantung lift

Data perencanaan :

$$f'_c = 40 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Tulangan balok diameter ( $D$ ) = 20 mm

Tulangan sengkang diameter ( $D$ ) = 10 mm

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d' &= h' + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tul. utama}} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 600 - 61 = 539 \text{ mm}$$

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

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0.25 \sqrt{40}}{400} = 0.00395$$

$$\beta_1 = 0.764$$

$$\rho_{\max} = 0.025$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{400}{0.85 \times 40} = 11.764$$

### Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{257610000}{0.9 \times 300 \times 539^2} = 3.284 \text{ N/mm}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11.764} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.764 \times 3.284}{400}} \right) = 0.00865$$

Dimana :

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

Jadi,  $\rho_{\text{pakai}} = 0.00865$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0.00865 \times 300 \times 539 \\ &= 1398.705 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan 4D22 ( $A_s = 1521.143 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} s &= \frac{bw - 2\emptyset_{\text{sengkang}} - 2 \cdot \text{decking} - n\emptyset_{\text{tul.utama}}}{n-1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{400 - 2 \times 10 - 2 \times 40 - 4 \times 22}{4-1} = 70.67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = 19040 \text{ kg} = 190400 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d = 1/6 \sqrt{40} \cdot 300 \cdot 539 \\ &= 170446.765 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_c &= 0.6 \times 170446.765 \\ &= 102268.06 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_{s \min} &= 0.6 \cdot 1/3 / 300 \cdot 539 \\ &= 32340 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset V_{s \min} = 134608.06 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\emptyset \frac{2}{3} b w d \sqrt{f'c} &= 0.6 \frac{2}{3} 400539 \sqrt{40} \\ &= 545429.65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\emptyset V_c + \emptyset \frac{2}{3} b w d \sqrt{f'c} = 647697.71 \text{ N}$$

Penulangan geser masuk persyaratan rumus 5.6, yaitu

$$\phi (V_c + V_{s \min}) < V_u \leq \Phi (V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b w \cdot d) \rightarrow \text{perlu tulangan geser.}$$

Syarat  $s_{\max} < d/2 = 539/2 = 269.5 \text{ mm}$  dan  $s_{\max} < 600 \text{ mm}$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157.07 \text{ mm}^2$$

Pasang  $\phi 10 - 150 \text{ mm}$

Kontrol  $V_{s \text{ pakai}}$

$$V_{s \text{ pakai}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{157.07 \times 400 \times 539}{150} = 225761.9 \text{ N} > V_s$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

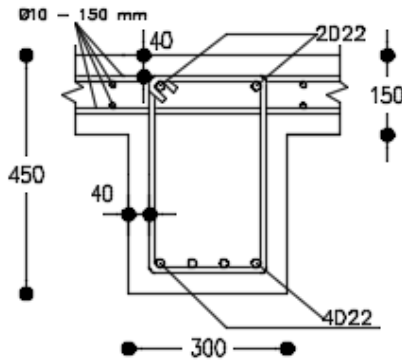
- Tulangan lentur : 4 D 22
- Tulangan geser  $\phi 10 - 150$

### 5.5.3.2 Penulangan balok penumpu lift

Dengan cara yang sama dan beban yang sama sehingga untuk perencanaan penulangan balok penumpu lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

- Tulangan lentur : 4 D 22
- Tulangan geser  $\phi$  10 – 150

Detail penulangan balok penggantung lift dan penumpu lift



**Gambar 5.17** Detail Penulangan Balok Lift



## **BAB VI**

### **ANALISA NONLINEAR TIME HISTORY**

#### **6.1 Pendahuluan**

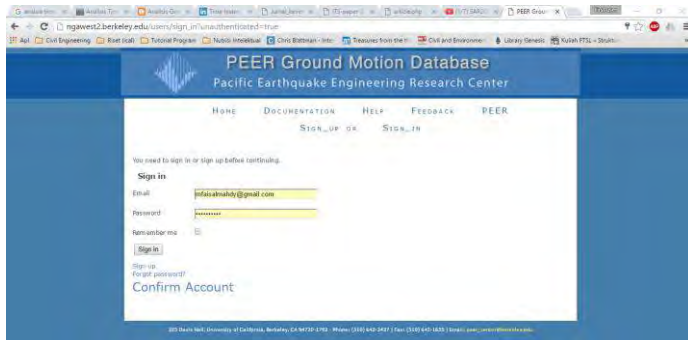
Analisa *nonlinear time history* merupakan teknik analisa perilaku struktur pada suatu bangunan terhadap pengaruh gempa berdasarkan catatan percepatan tanah yang diskalakan terhadap riwayat percepatan tanah pada daerah yang pernah mengalami gempa besar. Analisa nonlinear ini perlu untuk dilakukan karena pada saat terjadi gempa besar, pada struktur terbentuk sendi plastis di beberapa tempat sehingga bangunan tidak lagi berperilaku linear akan tetapi berperilaku nonlinear. Adapun analisa *nonlinear time history* terbagi menjadi 4 tahapan yaitu :

1. Memperoleh *recorded accelerograms* dari situs the PEER database
2. Penskalaan gempa dari respon spectrum gempa yang didapatkan dari database dengan respon spectrum gempa lokasi
3. Memasukkan data hasil penskalaan *ground motion* ke program bantu SAP 2000
4. Run “*time history analysis*” dan menampilkan hasil analisa. Untuk mengetahui perilaku sendi plastis dari struktur kita menggunakan metode “*Direct Integration Analysis*” dan untuk kontrol defleksi kita menggunakan metode “*Fast Nonlinear Analysis*”.

#### **6.2 Tahapan-tahapan analisa *Nonlinear Time History***

Berikut merupakan tahapan-tahapan analisa *Nonlinear Time History*.

1. Membuka situs dari peer berkeley yaitu <http://ngawest2.berkeley.edu/> dan melakukan *log in* terlebih dahulu.



**Gambar 6.1** Log in di situs peer berkeley

- Menentukan model respon spektrum yaitu *No Scaling* karena nantinya akan diskalakan secara manual.

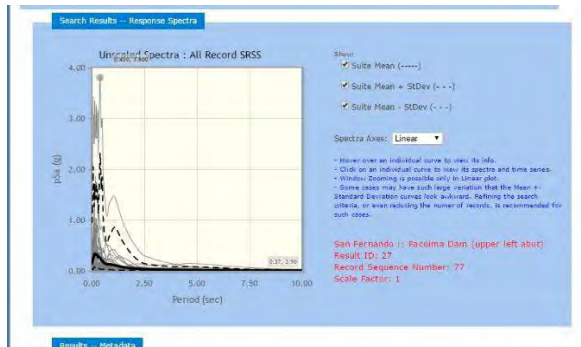
#### Target Spectrum

**Gambar 6.2** Menentukan model spektrum “*No Scaling*”

- Menentukan lokasi gempa besar yang digunakan. Berdasarkan ketentuan Pada tugas akhir ini *time history* gempa besar yang dipakai adalah sebagai berikut :

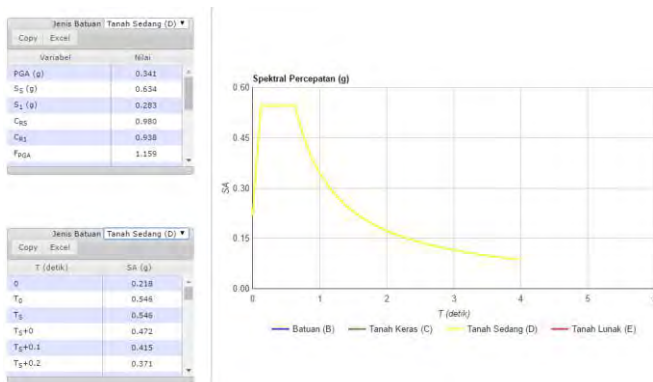
**Tabel 6.1** *Ground Motion* yang digunakan untuk perhitungan analisa *nonlinear time history*

No	Tempat	Lokasi	Waktu	Magnitudo
1	San Fernando	Pacoima Dam	9-Feb-1997	6.61
2	Landers	Lucerne	28-Jun-1992	7.28
3	North Ridge	Alhambra - Fremont School	17-Jan-1994	6.69
4	Iran	Tabas	16-Sep-1978	7.35



**Gambar 6.3** Grafik *ground motion* yang terjadi di San Fernando

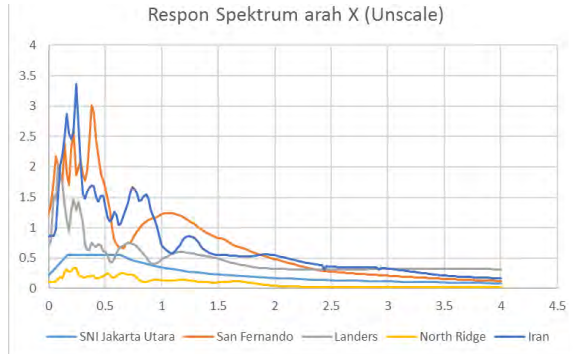
4. Mendapatkan respon spektrum gempa di Jakarta Utara dengan kelas situs D pada situs pusat penelitian dan pengembangan perumahan dan permukiman Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/)



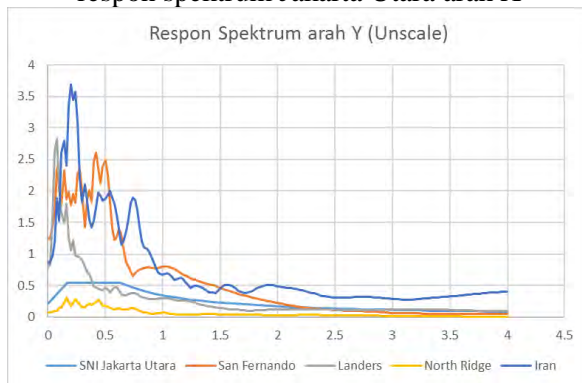
**Gambar 6.4** Grafik Respon Spektrum Jakarta Utara kelas situs D

5. Setelah itu kita akan mengolah data *ground motion* San Fernando, Landers, Northridge dan Iran dengan arah X dan arah Y yang kemudian akan didapatkan respon spektrum

arah X dan arah Y dari lokasi gempa tersebut lalu dikomparasikan dengan respon spektrum rencana yang berlokasi di Jakarta Utara.



**Gambar 6.5** Komparasi antara respon spektrum gempa besar dan respon spektrum Jakarta Utara arah X



**Gambar 6.6** Komparasi antara respon spektrum gempa besar dan respon spektrum Jakarta Utara arah Y

6. Menentukan *range period* yang akan diskalakan pada respon spektrum San Fernando berdasarkan ASCE-7-2010 pasal 16.1.3.2 dimana *range period* yang diskalakan yaitu antara  $0.2 T$  sampai dengan  $1.5 T$  dimana nilai periode fundamentalnya yang digunakan adalah  $T = 1.78$  detik berdasarkan analisa SAP 2000.



**Gambar 6.7** Range period Respon Spektrum Jakarta Utara

7. Menentukan nilai SF dari respon spektrum gempa besar arah X dan arah Y dengan menggunakan rumus *Scale Factor* yang diberikan oleh Erol Kalkan dan Anil K. Chopra yaitu :

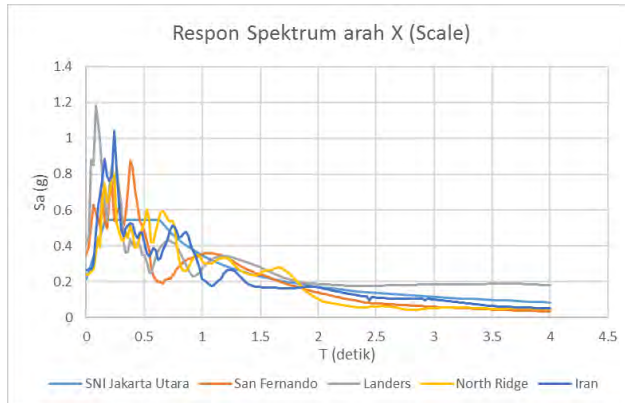
$$SF = (\sum_{i=1}^n \bar{A}_i A_i) / (\sum_{i=1}^n A_i A_i)$$

Dengan menggunakan rumus tersebut didapatkan *Scale Factor* Arah X dan Arah Y Respon Spektrum gempa besar terhadap respon spektrum Jakarta Utara sebagai berikut :

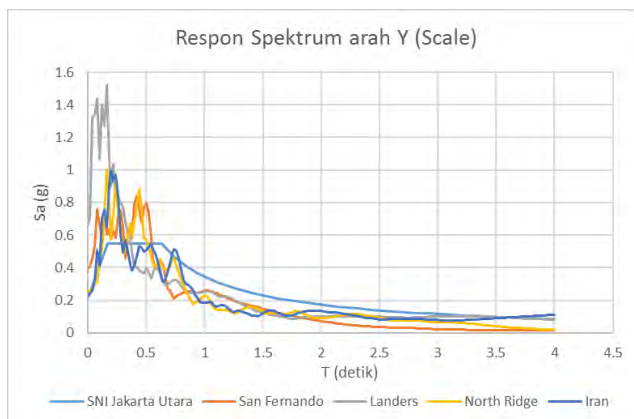
**Tabel 6.2** *Scale Factor* dari Respon Spektrum gempa besar

Tempat	SF - X	SF - Y
San Fernando	0.2897	0.3215
Landers	0.5778	0.8479
Northridge	2.3801	3.1955
Iran	0.3096	0.2709

8. Setelah mendapatkan *Scale Factor* dari respon spektrum gempa besar maka kemudian SF tersebut dikalikan dengan percepatan gravitasi yang berada pada *range period* yang telah ditentukan sebelumnya yaitu diantara 0.356 detik sampai 2.67 detik. Lalu kemudian didapatkanlah respon spektrum gempa besar arah X dan arah Y yang telah diskalakan sesuai dengan respon spektrum Jakarta Utara.

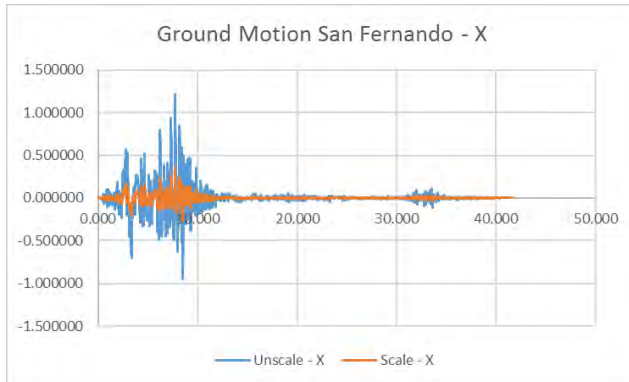


**Gambar 6.8** Respon Spektrum arah X yang telah diskalakan

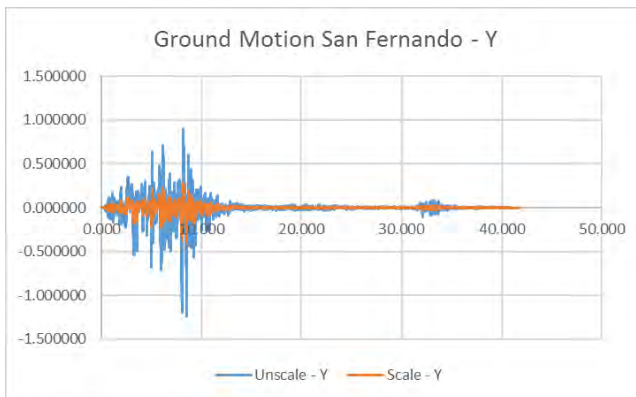


**Gambar 6.9** Respon Spektrum arah Y yang telah diskalakan

9. Setelah mendapatkan respon spektrum yang telah diskalakan kemudian *ground motion* gempa besar arah X dan arah Y akan diskalakan sesuai faktor keamanan yang telah didapatkan sebelumnya.

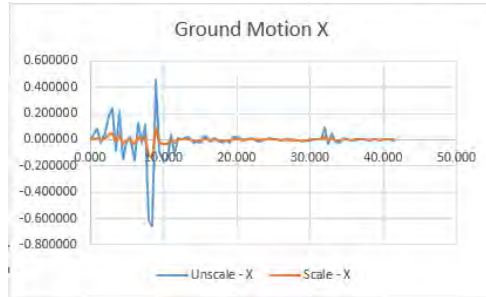


**Gambar 6.10** *Ground Motion* San Fernando arah X sebelum diskalakan dan setelah diskalakan

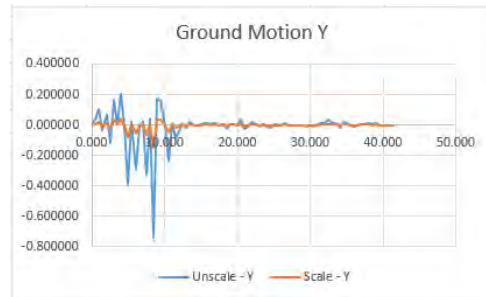


**Gambar 6.11** *Ground Motion* San Fernando arah Y sebelum diskalakan dan setelah diskalakan

10. Setelah didapatkan *ground motion* tersebut maka untuk memudahkan proses analisa program bantu SAP 2000 menggunakan metode *Direct Integration Analysis* maka interval waktu yang digunakan pada *ground motion* adalah per 0.5 detik.



**Gambar 6.12** *Ground Motion* San Fernando arah X dengan interval 0.5 detik



**Gambar 6.13** *Ground Motion* San Fernando arah Y dengan interval 0.5 detik

11. Setelah itu hasil dari *ground motion* arah X dan arah Y dibuat menjadi format *notepad* agar dapat dimasukkan dalam input SAP 2000

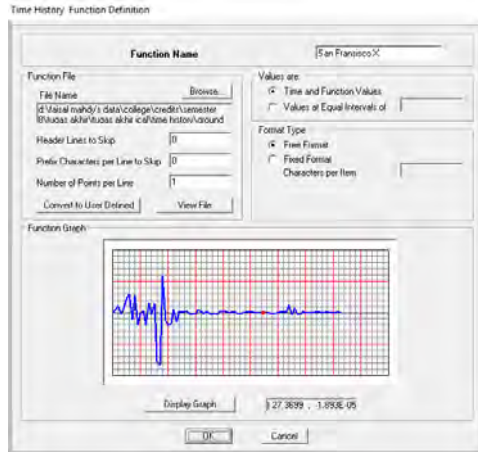
The screenshot shows a Notepad window with the following data:

Time (s)	Unscaled X (m)	Scaled X (m)
0.000	-0.000090	0.000
0.500	0.008226	0.500
1.000	0.017436	1.000
1.500	-0.003924	1.500
2.000	0.010998	2.000
2.500	0.037379	2.500
3.000	0.047385	3.000
3.500	-0.016475	3.500
4.000	0.043936	4.000
4.500	-0.030204	4.500
5.000	-0.003313	5.000
5.500	0.004538	5.500
6.000	-0.031221	6.000

**Gambar 6.14** *Ground Motion* setelah diformat dalam bentuk *notepad*



12. Setelah itu kita akan menginput hasil *ground motion* San Fernando yang telah diskalakan dengan cara klik *Define > Function > Time History > Choose Function Type to Add > From File* lalu masukkan data *ground motion* yang telah diformat dalam bentuk *notepad*.

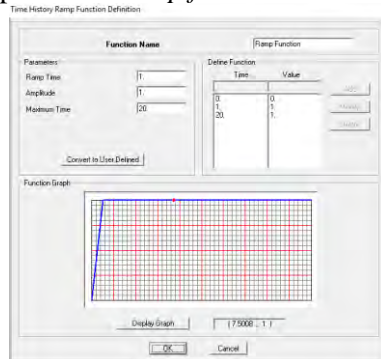


**Gambar 6.15** Input data *ground motion* arah X



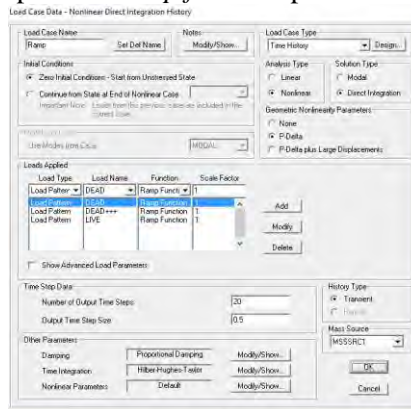
**Gambar 6.16** Input data *ground motion* arah Y

### 13. Menginput beban *ramp function*



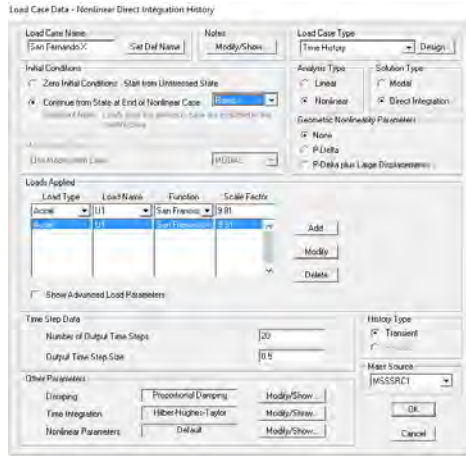
**Gambar 6.17** Input *ramp function*

### 14. Menginput data *ramp function* pada *load case*



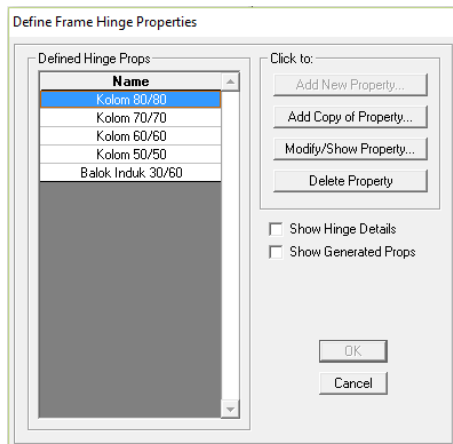
**Gambar 6.18** Input *load case* pada *Ramp Function*

15. Menginput beban Respon Spektrum arah X dan arah Y. SF yang digunakan adalah  $9.81 \text{ m/s}^2$  (g) dan output time steps adalah 18 step dan time step size ditinjau per 0.5 detik, waktu yang ditinjau hanya 10 detik karena untuk memudahkan kita dalam meninjau analisa output SAP 2000 dan dimana pada 10 detik sudah melewati spektral percepatan maksimum.



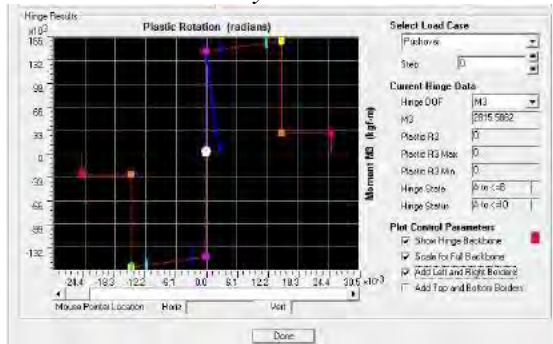
**Gambar 6.19** Input Respon Spektrum

16. Untuk memperlihatkan perilaku sendi plastis pada struktur maka kita perlu mendefinisikan *hinge properties* pada permodelan struktur tersebut.



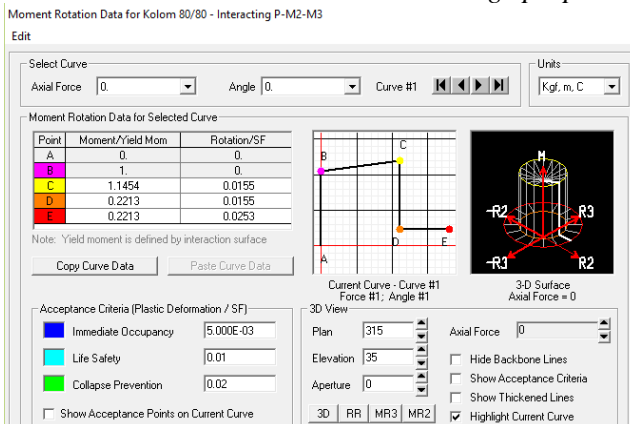
**Gambar 6.20** Mendefinisikan *hinge properties*

17. Untuk mendefinisikan *hinge properties* diperlukan grafik momen kurvatur agar dapat mendefinisikan momen dan rotasi yang terjadi pada saat leleh dan ultimate. Untuk mendapatkan momen kurvatur tersebut maka digunakan analisa *Pushover analysis*.



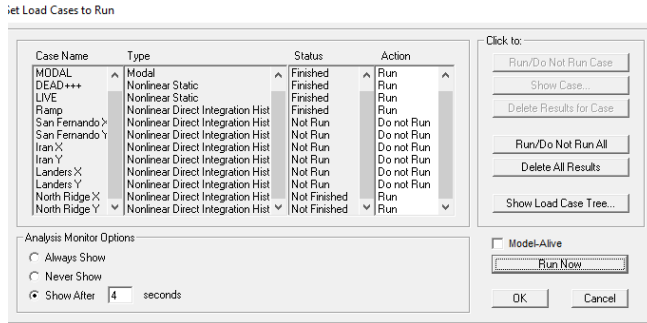
**Gambar 6.21** Grafik momen kurvatur pada jenis kolom 80/80

18. Setelah mendapatkan nilai momen kurvatur dari analisa *pushover* maka kita dapat memasukkan data tersebut ke dalam *moment rotation data* dalam *hinge properties*.



**Gambar 6.22** Memasukkan data momen kurvatur pada jenis kolom 80/80

19. Run “*time history analysis*”. Pada kasus ini kita akan melihat perilaku sendi plastis struktur yang terjadi pada gempa Northridge arah X dan arah Y.

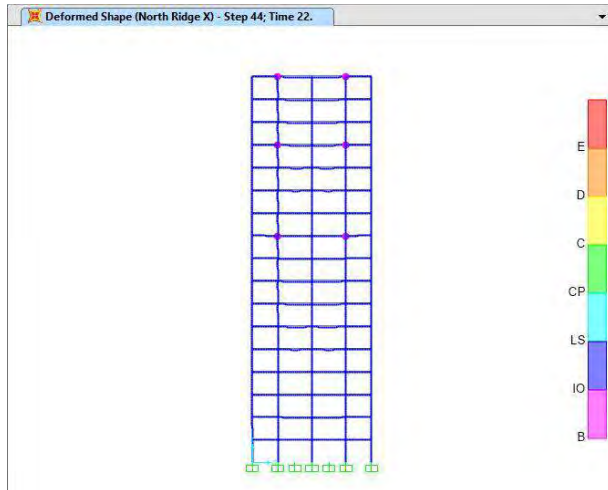


**Gambar 6.23** Run *time history analysis*

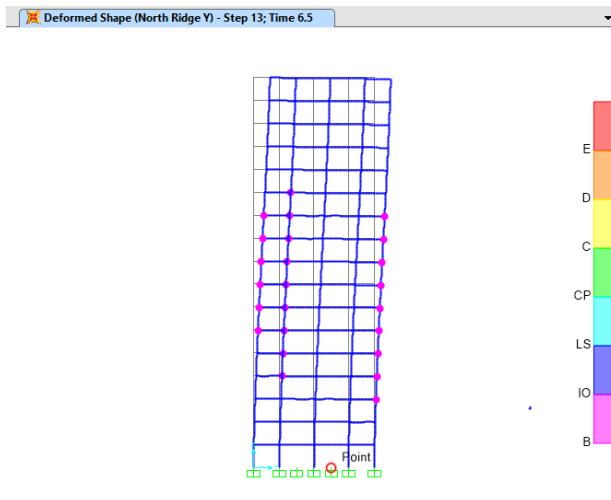
20. Hasil dari analisa *direct integration analysis* dengan menggunakan data gempa Northridge arah X dan arah Y didapatkan waktu ketika struktur telah mengalami kondisi sendi plastis yaitu sebagai berikut :

**Tabel 6.3** Waktu ketika telah terjadi kondisi sendi plastis pada struktur

Arah Respon Spektrum	Waktu terjadi sendi plastis
RS Arah X	9 detik
RS Arah Y	5.5 detik



**Gambar 6.24** Kondisi Sendi Plastis struktur arah X pada saat detik ke-22



**Gambar 6.25** Kondisi Sendi Plastis struktur arah Y pada saat detik ke-6.5

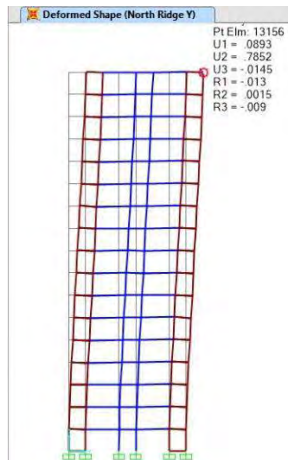
21. Pada analisa gempa Northridge arah X dan arah Y menunjukkan bahwa kondisi struktur mengalami leleh pada balok terlebih dahulu sebelum terjadi leleh pada kolom sehingga kita dapat mengambil kesimpulan bahwa struktur RSUD Koja Jakarta Utara memenuhi kriteria “*Strong Column Weak Beam*”
22. Hasil analisa berikutnya adalah kontrol terhadap defleksi dengan menggunakan *Fast Nonlinear Analysis*. Dari hasil defleksi maksimum yang terjadi pada gempa arah X dan arah Y menunjukkan bahwa defleksi yang terjadi telah memenuhi persyaratan dari *target displacement* = 0.587 m yang telah ditentukan sebelumnya sehingga struktur gedung RSUD Koja Jakarta Utara aman terhadap defleksi yang terjadi pada saat gempa.

**Tabel 6.4** Defleksi maksimum yang terjadi

Gempa	Arah Respon Spektrum	Defleksi maksimum	Joint
San Fernando	RS Arah X	0.409 m	27455
	RS Arah Y	0.295 m	13157
Landers	RS Arah X	0.464 m	27455
	RS Arah Y	0.223 m	13156
Northridge	RS Arah X	0.425 m	27455
	RS Arah Y	0.393 m	13156
Iran	RS Arah X	0.291 m	27455
	RS Arah Y	0.299 m	13156



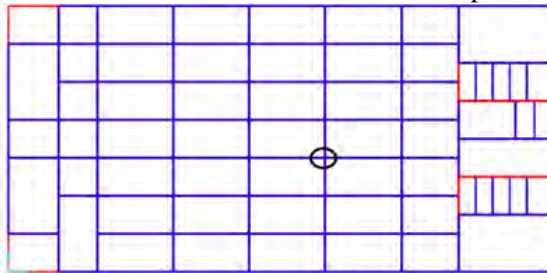
**Gambar 6.27** Defleksi maksimum yang terjadi pada arah X



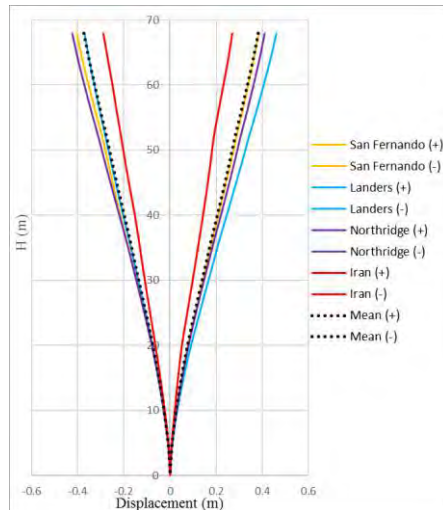
**Gambar 6.28** Defleksi maksimum yang terjadi pada arah Y



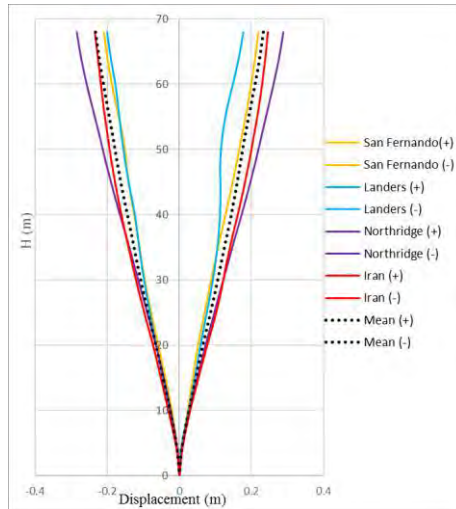
23. Kemudian hasil analisa berikutnya adalah kita bisa mendapatkan grafik gaya geser lateral ( $F$ ) dengan ketinggian gedung ( $H$ ) dan grafik *displacement* ( $\Delta$ ) vs ketinggian ( $H$ ) dan juga kontrol *drift* dengan menggunakan grafik *drift story* vs  $H$  berdasarkan input data gempa yang telah kita tentukan sebelumnya. Pada tugas akhir ini yang digunakan sebagai tinjauan yaitu joint 13095 dimana titik tersebut berada disekitar pusat massa.



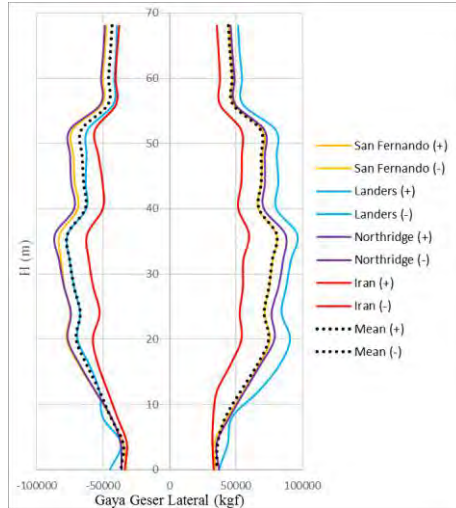
**Gambar 6.29** Posisi *joint* 13095 yang ditinjau



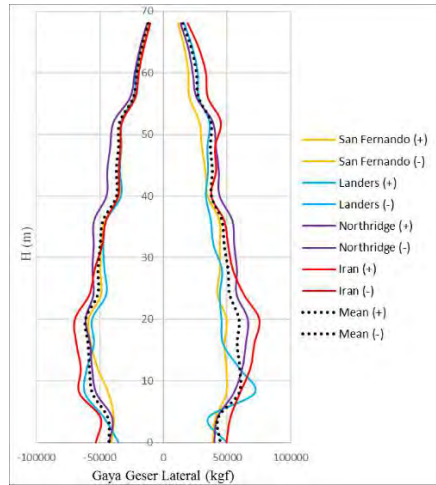
**Gambar 6.30** Grafik *Displacement* ( $\Delta$ ) vs  $H$  arah  $X$  *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum



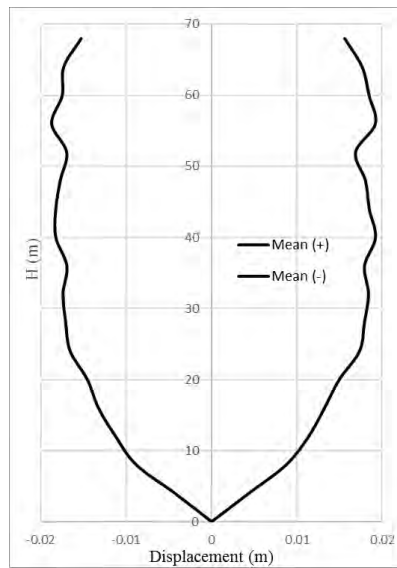
**Gambar 6.31** Grafik *Displacement* ( $\Delta$ ) vs H arah Y *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum



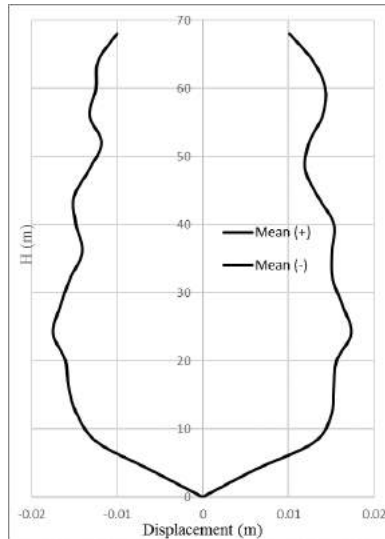
**Gambar 6.32** Grafik *Gaya Geser Lateral* (F) vs H arah X *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum



**Gambar 6.33** Grafik Gaya Geser Lateral (F) vs H arah Y *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum



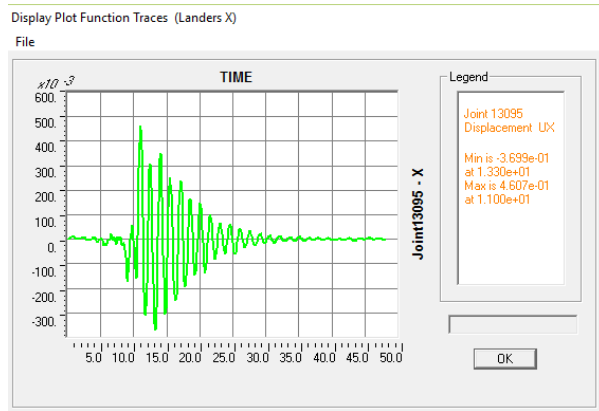
**Gambar 6.34** Grafik *Drift story* rata-rata vs H arah X *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum



**Gambar 6.35** Grafik *Drift story* rata-rata vs H arah Y *joint* 13095 pada saat kondisi maksimum

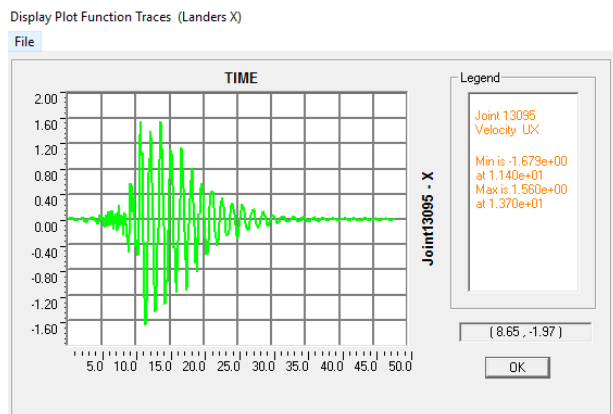
Dari hasil grafik *drift* rata-rata arah X dan arah Y menunjukkan *drift story* yang terjadi telah memenuhi batasan *drift story* level kinerja *Life Safety* yaitu 0.02. Dimana kondisi kategori *life safety* ialah komponen struktural boleh saja mengalami kerusakan, tetapi tidak diperkenankan terjadi keruntuhan yang dapat mengancam jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah) bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural dan non-struktural pasca gempa terjadi.

24. Hasil analisa berikutnya adalah kita dapat melihat grafik kondisi antara *displacement vs time*, *velocity vs time*, *acceleration vs time* dan juga *displacement* arah X vs *displacement* arah Y dari *joint* 13095 dimana titik tersebut terletak pada atap disekitar pusat massa.



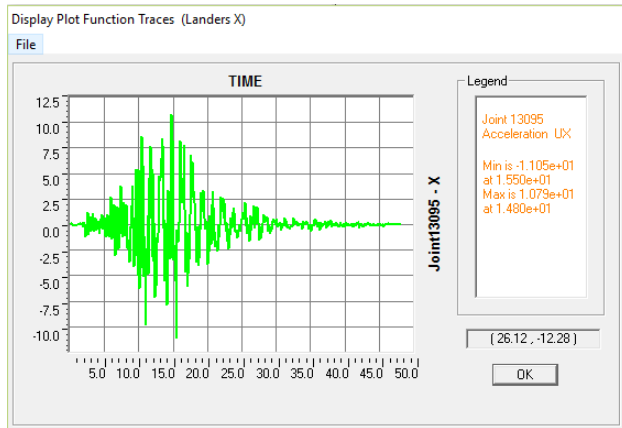
**Gambar 6.36** Grafik *displacement vs time* joint 13095 arah X

Dari grafik diatas didapatkan nilai *displacement* maksimum yaitu 0.4607 m pada detik ke 11.



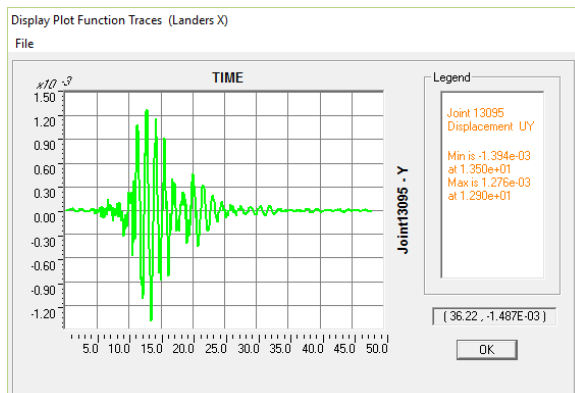
**Gambar 6.37** Grafik *velocity vs time* joint 13095 arah X

Dari grafik diatas didapatkan nilai *velocity* maksimum yaitu -1.679 m/s pada detik ke 11.4



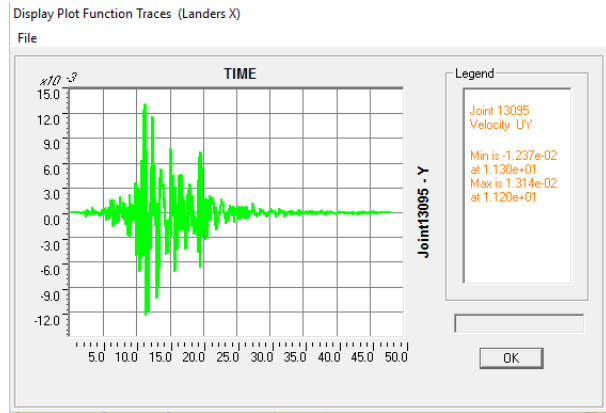
**Gambar 6.38** Grafik *acceleration* vs *time* joint 13095 arah X

Dari grafik diatas didapatkan nilai *acceleration* maksimum yaitu  $10.79 \text{ m/s}^2$  pada detik ke 14.8



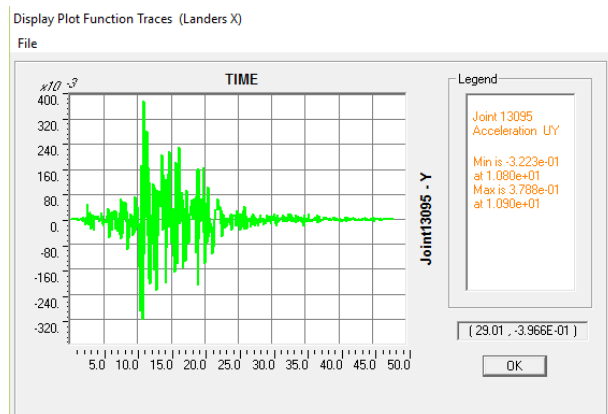
**Gambar 6.39** Grafik *displacement* vs *time* joint 13095 arah Y

Dari grafik diatas didapatkan nilai *displacement* maksimum yaitu  $-0.00139 \text{ m}$  pada detik ke 13.5



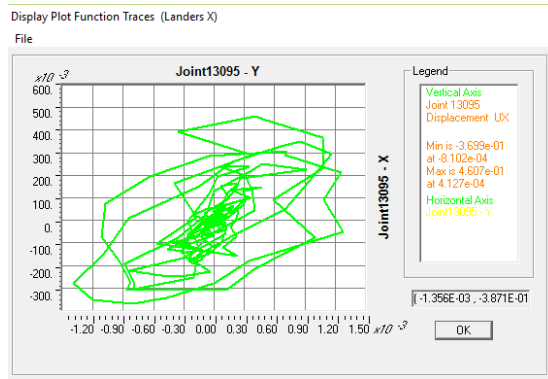
**Gambar 6.40** Grafik *velocity* vs *time* joint 13095 arah Y

Dari grafik diatas didapatkan nilai *velocity* maksimum yaitu 0.0131 m/s pada detik ke 11.2



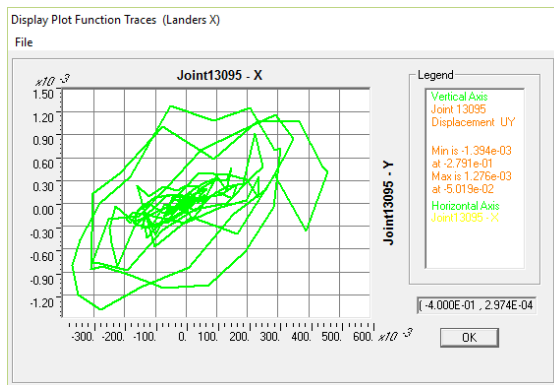
**Gambar 6.41** Grafik *acceleration* vs *time* joint 13095 arah Y

Dari grafik diatas didapatkan nilai *acceleration* maksimum yaitu 0.3788 m/s<sup>2</sup> pada detik ke 10.9



**Gambar 6.42** Grafik *displacement* arah X vs *displacement* arah Y pada joint 13095

Dari grafik diatas didapatkan nilai *displacement* maksimum arah X yaitu 0.4607 m pada saat *displacement* arah Y yaitu 0.00041 m



**Gambar 6.42** Grafik *displacement* arah X vs *displacement* arah Y pada joint 13095

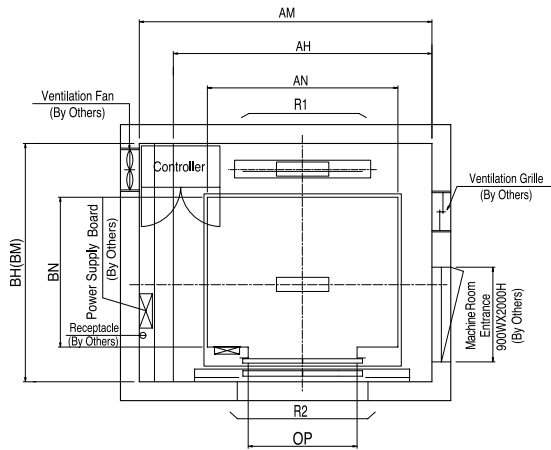
Dari grafik diatas didapatkan nilai *displacement* maksimum arah Y yaitu -0.0014 m pada saat *displacement* arah X yaitu -0.2791 m



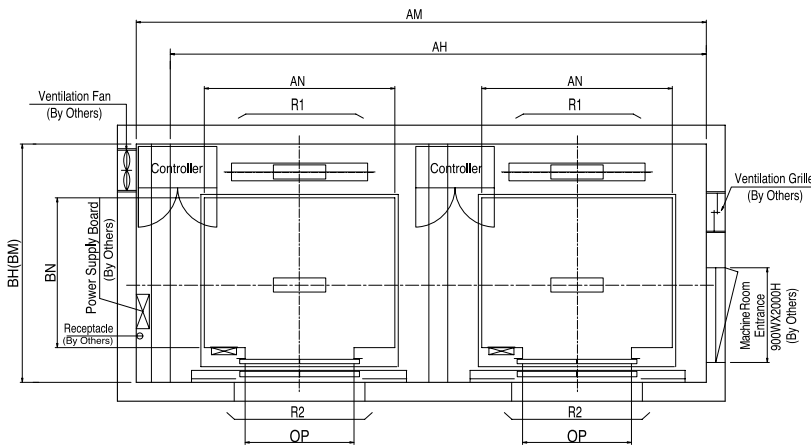
# Technical Data Passenger

## ● Hoistway & Machine Room Plan

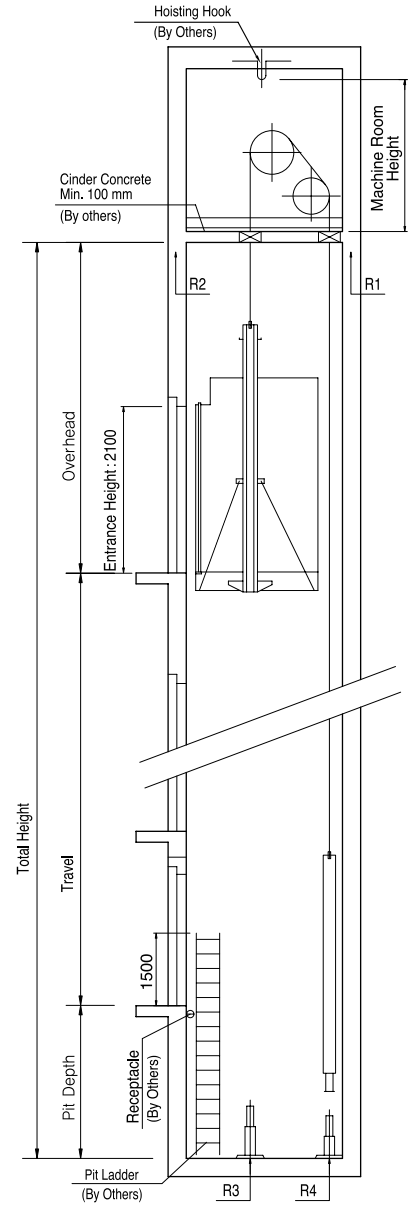
[Simplex]



[Duplex]



## ● Hoistway Section



## ● Overhead, Pit & Machine Room Height

Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (m)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room Height (mm)	Hook Load (kg)	
1.0	450 ~ 1000	TR ≤ 100	4200	1400	2300	3000	
	1150 ~ 1600		4300			4500	
1.5	450 ~ 1000		4400	1450		3000	
	1150 ~ 1600		4500			4500	
1.75	450 ~ 1000		1600	4500		1600	3000
	1150 ~ 1600			4500			4500

# Technical Data Passenger

## ● Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Entrance Opening (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load(kg)			
	Person	Load(kg)		AN	BN	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						AH	BH	AH	BH	AM	BM	AM	BM	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[EN Code]

1.0	6	450	800	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1250	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6650	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	2450	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700	

# Technical Data Passenger

## ● Layout Dimensions | Speed : 1.5, 1.75 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Entrance Opening (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load(kg)			
	Person	Load(kg)		AN	BN	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						AH	BH	AH	BH	AM	BM	AM	BM	R1	R2	R3	R4
1.5 ~ 1.75	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[EN Code]

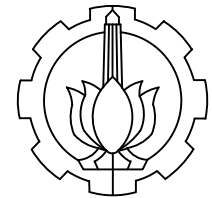
1.5 ~ 1.75	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4500	3100	7500	5500
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	6150	4300	10550	7300
	16	1250	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200				
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	11500	8700	18550	13300	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[Malaysia]

1.5 ~ 1.75	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4200	2800	7150	5300
	9	515	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4500	3100	7500	5500
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4900	3400	8150	5900
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	5250	3700	8600	6150
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5750	4100	9850	6900
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	6150	4300	10550	7300
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	9400	7750	15450	11500
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	10000	8250	16850	12300
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
	24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	11500	8700	18550	13300

DAFTAR GAMBAR PEKERJAAN STRUKTUR  
RSUD KOJA , JAKARTA UTARA

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
01	DAFTAR GAMBAR STRUKTUR	N.T.S
02	DENAH LANTAI 1 – 16	1 : 300
03	DENAH LANTAI ATAP	1 : 300
04	DENAH POTONGAN	1 : 300
05	POTONGAN MEMANJANG	1 : 500
06	POTONGAN MELINTANG	1 : 500
07	REKAPAN BALOK ANAK & BALOK INDUK	1 : 20
08	REKAPAN BALOK RAMP & BALOK LIFT	1 : 20
09	REKAPAN KOLOM	1 : 40
10	DETAIL SHEARWALL 1 & 2	1 : 40
11	DETAIL SHEARWALL 3	1 : 40
12	DETAIL BALOK 1	1 : 40
13	DETAIL BALOK ATAP	1 : 40
14	DETAIL KOLOM	1 : 40
15	DENAH PELAT LANTAI	1 : 300
16	DENAH PELAT ATAP	1 : 300
17	PENULANGAN PELAT LANTAI & BASEMENT	1 : 100
18	PENULANGAN TANGGA	1 : 20 1 : 50



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1-16

SKALA

1 : 100

NOMOR GAMBAR

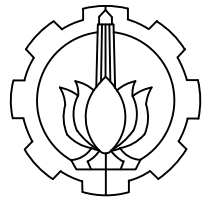
01

18

CATATAN

Tabel Dimensi

Lantai	Kolom	BI	BA	BR
Basement - LT. 4	800 x 800	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 5 - LT 8	700 x 700	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 9 - LT 12	600 x 600	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 14 - LT Atap	500 x 500	300 x 600	300 x 450	300 x 400



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1-16

SKALA

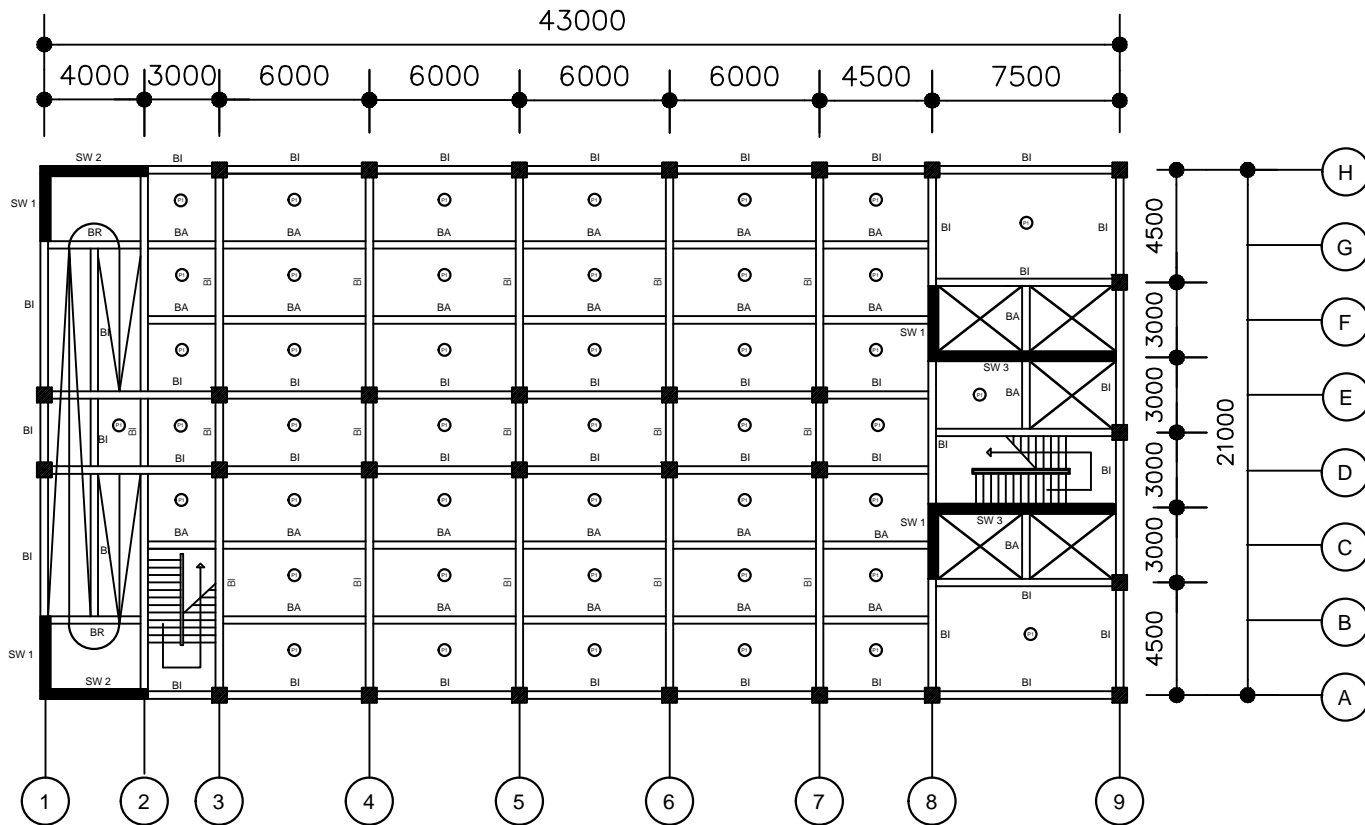
1 : 300

NOMOR GAMBAR

02

18

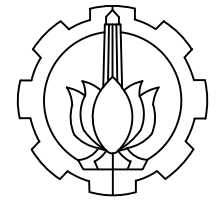
CATATAN



DENAH LANTAI 1-16  
SKALA 1 : 300

Tabel Dimensi

Lantai	Kolom	BI	BA	BR
Basement - LT. 4	800 x 800	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 5 - LT 8	700 x 700	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 9 - LT 12	600 x 600	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 14 - LT Atap	500 x 500	300 x 600	300 x 450	300 x 400



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP

SKALA

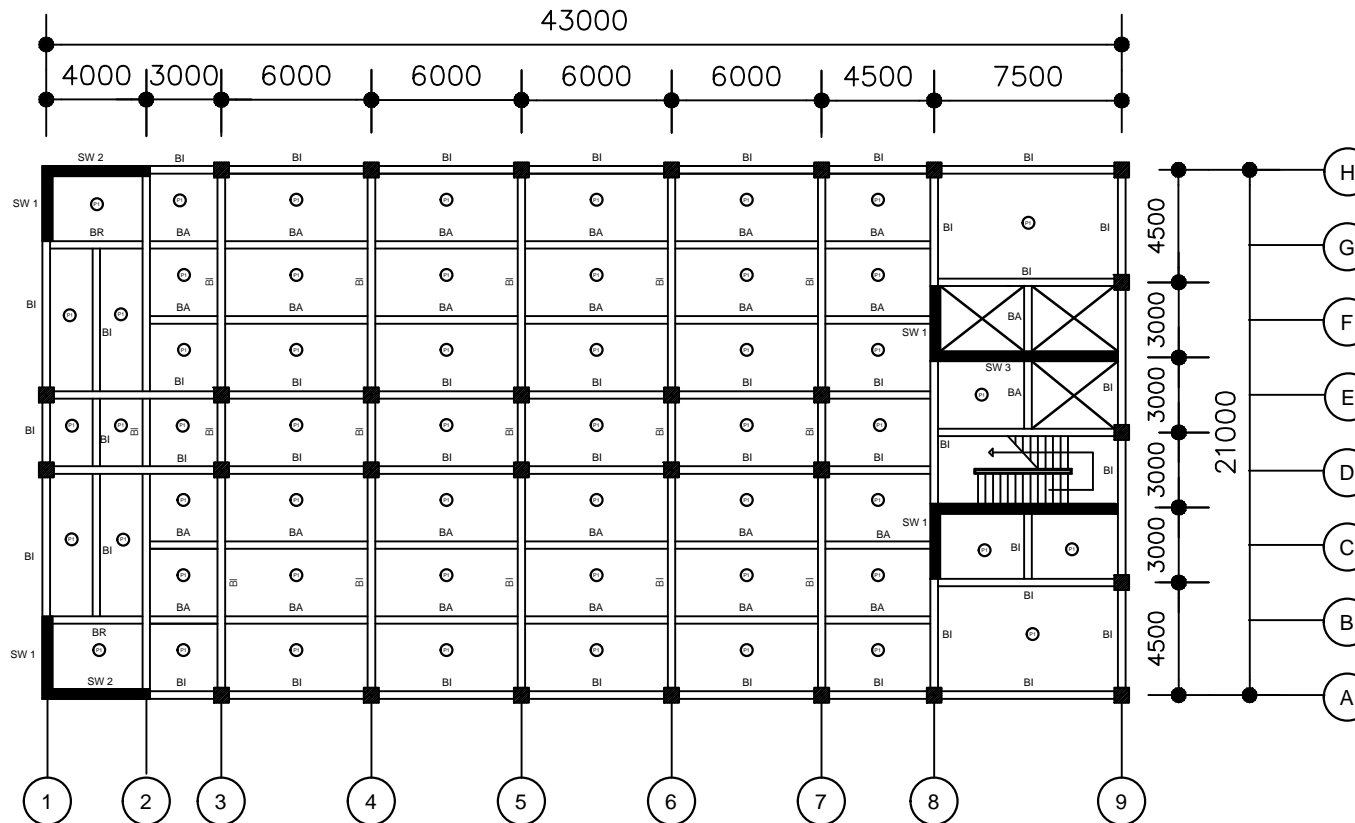
1 : 300

NOMOR GAMBAR

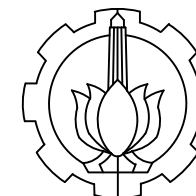
03

18

CATATAN



DENAH LANTAI ATAP  
SKALA 1 : 300



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PhD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH POTONGAN

SKALA

1 : 300

NOMOR GAMBAR

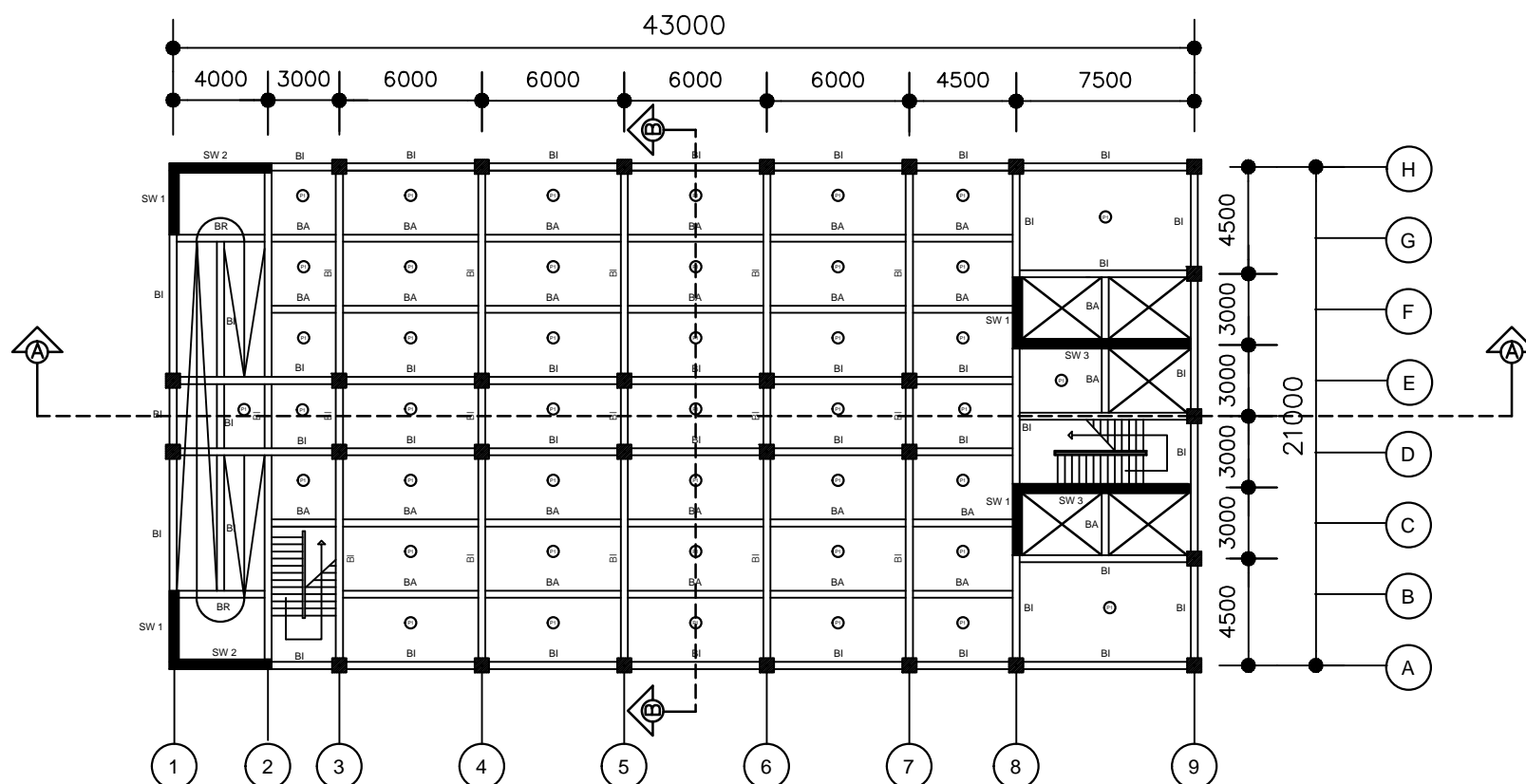
04

18

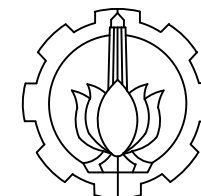
CATATAN

Tabel Dimensi

Lantai	Kolom	Bi	BA	BR
Basement - LT. 4	800 x 800	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 5 - LT 8	700 x 700	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 9 - LT 12	600 x 600	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 14 - LT Atap	500 x 500	300 x 600	300 x 450	300 x 400



 DENAH POTONGAN  
SKALA 1 : 300



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG

SKALA

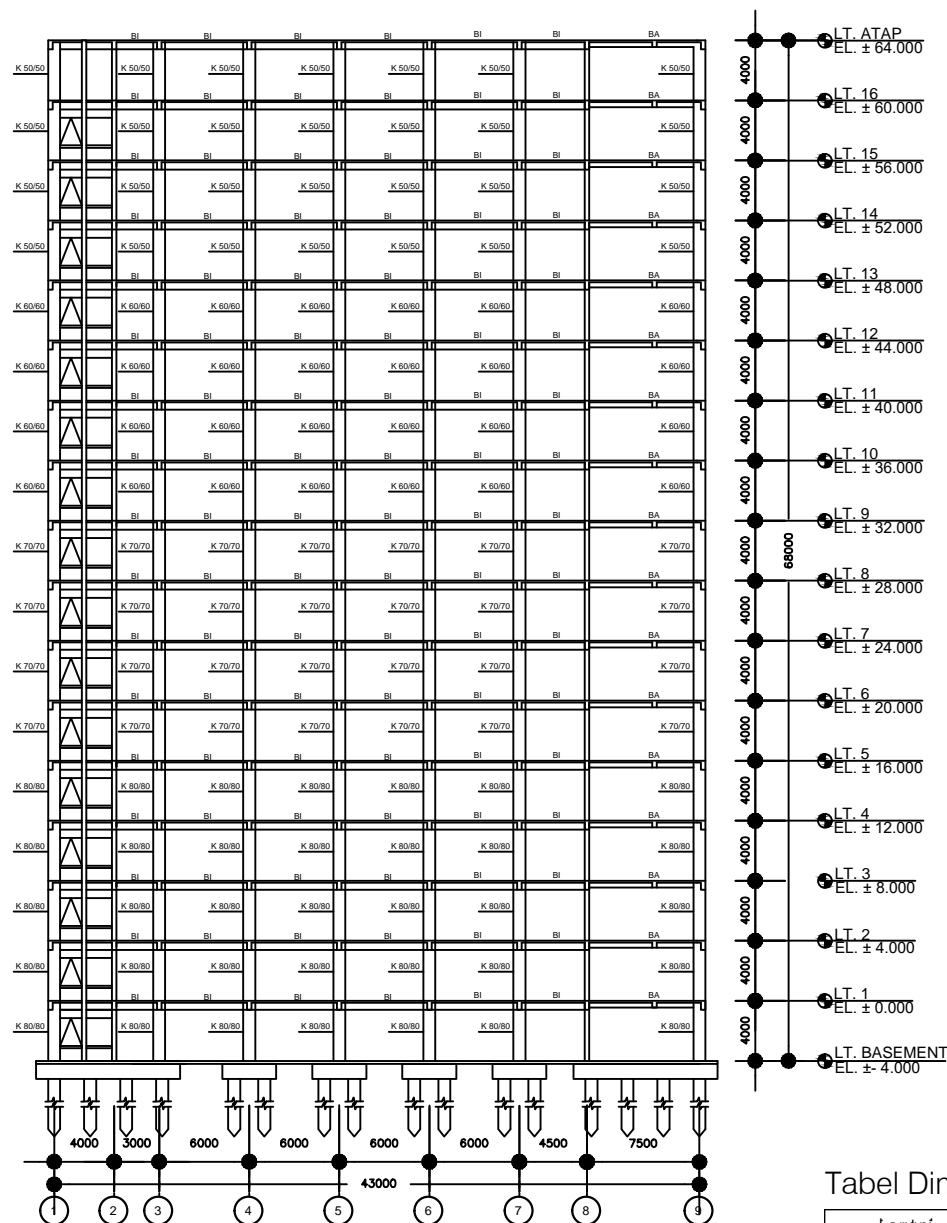
1 : 500

NOMOR GAMBAR

05

18

CATATAN

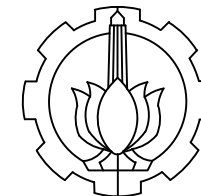


 POTONGAN MEMANJANG  
SKALA 1 : 500

Tabel Dimensi

Lantai	Kolom	B1	BA	BR
Basement - LT. 4	800 x 800	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 5 - LT 8	700 x 700	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 9 - LT 12	600 x 600	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 14 - LT Atap	500 x 500	300 x 600	300 x 450	300 x 400





PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

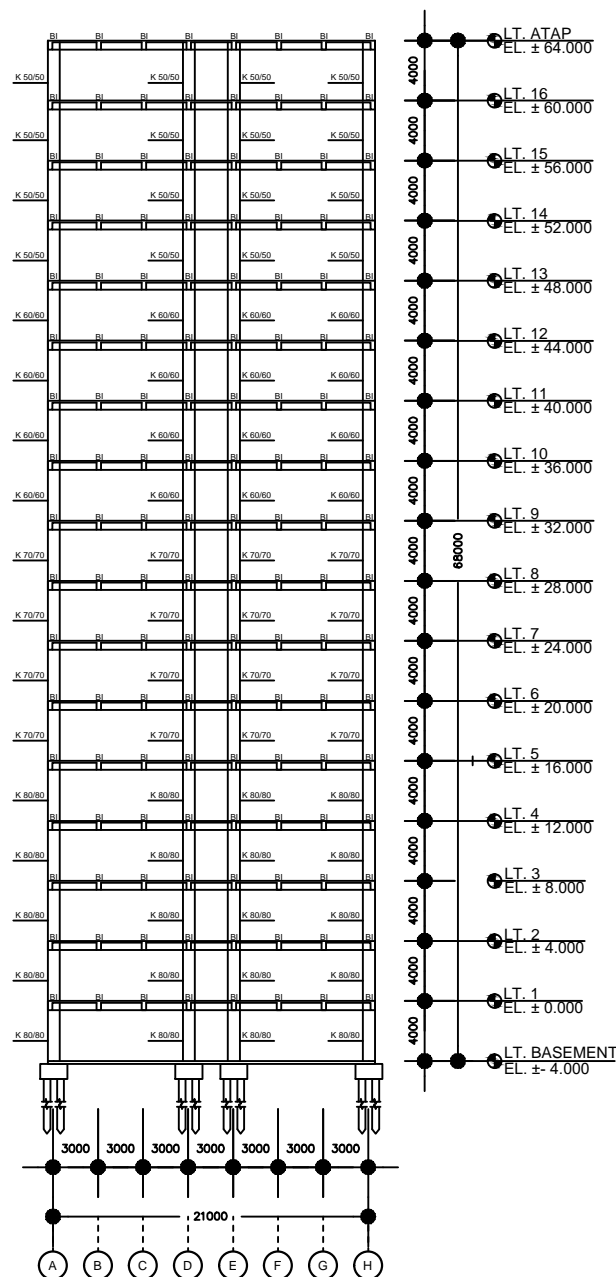
1 : 500

NOMOR GAMBAR

06

18

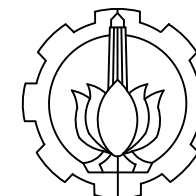
CATATAN



POTONGAN MELINTANG  
SKALA 1 : 500

Tabel Dimensi

Lantai	Kolom	BI	BA	BR
Basement - LT. 4	800 x 800	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 5 - LT 8	700 x 700	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 9 - LT 12	600 x 600	300 x 600	300 x 450	300 x 400
LT 14 - LT Atap	500 x 500	300 x 600	300 x 450	300 x 400



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

REKAPAN BALOK ANAK  
DAN BALOK INDUK

SKALA

1 : 20

NOMOR GAMBAR

07

18

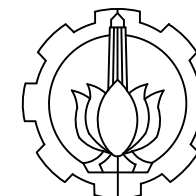
CATATAN

TIPE	BALOK ANAK LANTAI 1 - 16		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 450		
ATAS	3 D25	2 D25	3 D25
BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25

TIPE	BALOK ANAK LANTAI ATAP		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 450		
ATAS	3 D25	2 D25	3 D25
BAWAH	3 D25	3 D25	3 D25
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25

TIPE	BALOK INDUK LANTAI 1 - 16		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 600		
ATAS	4 D25	2 D25	4 D25
BAWAH	3 D25	2 D25	3 D25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 250	D13 - 100
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25

TIPE	BALOK INDUK ATAP		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 600		
ATAS	3 D25	2 D25	3 D25
BAWAH	2 D25	2 D25	2 D25
SENGKANG	D13 - 100	D13 - 250	D13 - 100
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

REKAPAN BALOK RAMP  
DAN BALOK LIFT

SKALA

1 : 20

NOMOR GAMBAR

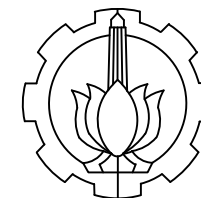
08

18

CATATAN

TIPE	BALOK RAMP BENTANG 4 m		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 400		
ATAS	2 D16	2 D16	2 D16
BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 200	D10 - 150
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25

TIPE	BALOK LIFT		
LOKASI	TUMPUAN KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN
PENAMPANG			
DIMENSI	300 X 600		
ATAS	4 D22	2 D22	4 D22
BAWAH	3 D22	4 D22	3 D22
SENGKANG	D10 - 150	D10 - 150	D10 - 150
SAMPING	2 D25	2 D25	2 D25



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

REKAPAN KOLOM

SKALA

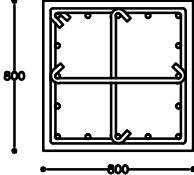
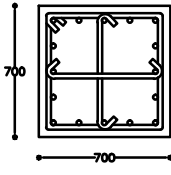
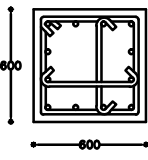
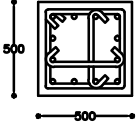
1 : 40

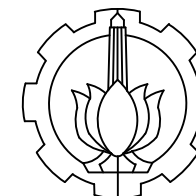
NOMOR GAMBAR

09

18

CATATAN

LOKASI	BASEMENT – LT. 4	LT 5 – LT. 8	LT. 9 – LT. 12	LT. 13 – LT. ATAP
PENAMPANG				
DIMENSI	800 X 800	700 X 700	600 X 600	500 X 500
TULANGAN UTAMA	20 D25	20 D25	16 D25	16 D25
SENGKANG DEKAT HBK	D16 – 75	D16 – 100	D16 – 125	D16 – 125
SENGKANG LUAR HBK	D16 – 150	D16 – 150	D16 – 150	D16 – 150



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL  
1 & 2

SKALA

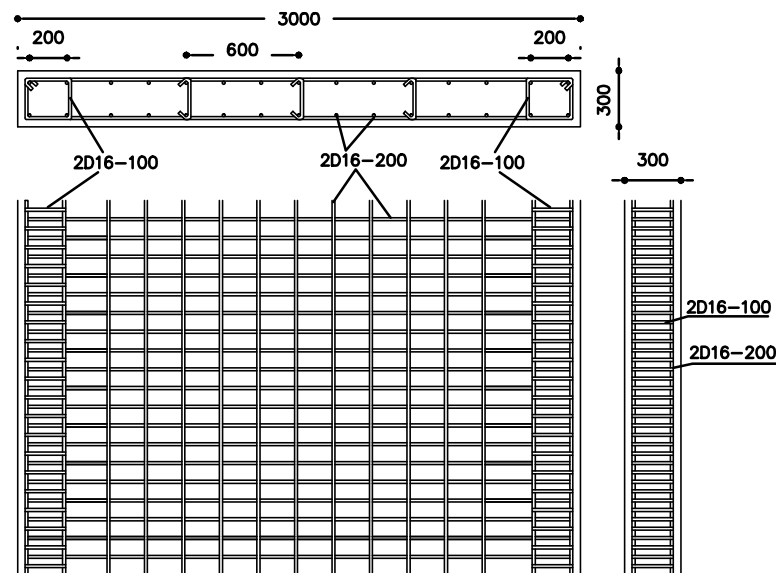
1 : 40

NOMOR GAMBAR

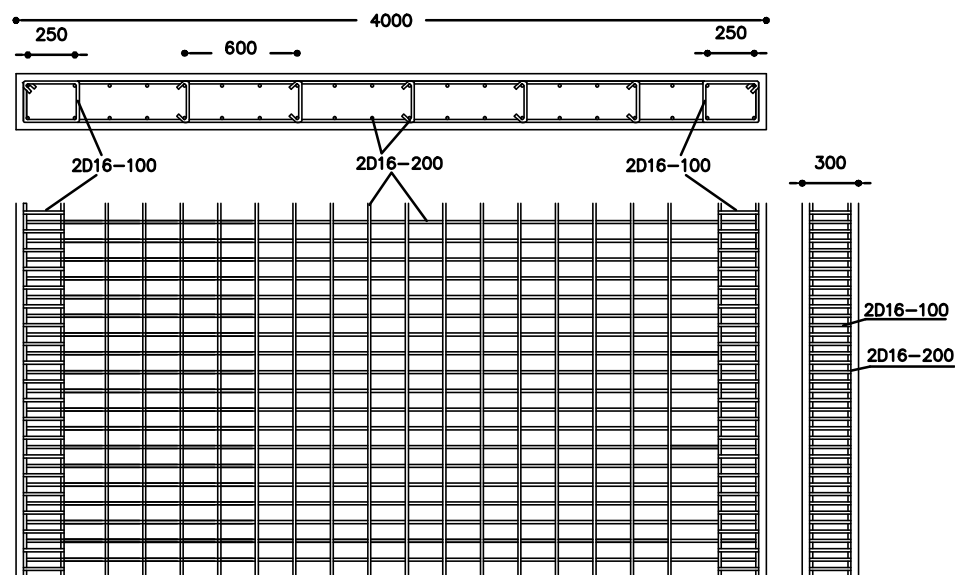
10

18

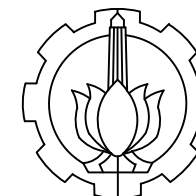
CATATAN



DETAIL SHEARWALL 1  
SKALA 1 : 40



DETAIL SHEARWALL 2  
SKALA 1 : 40



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PhD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL SHEARWALL 3

SKALA

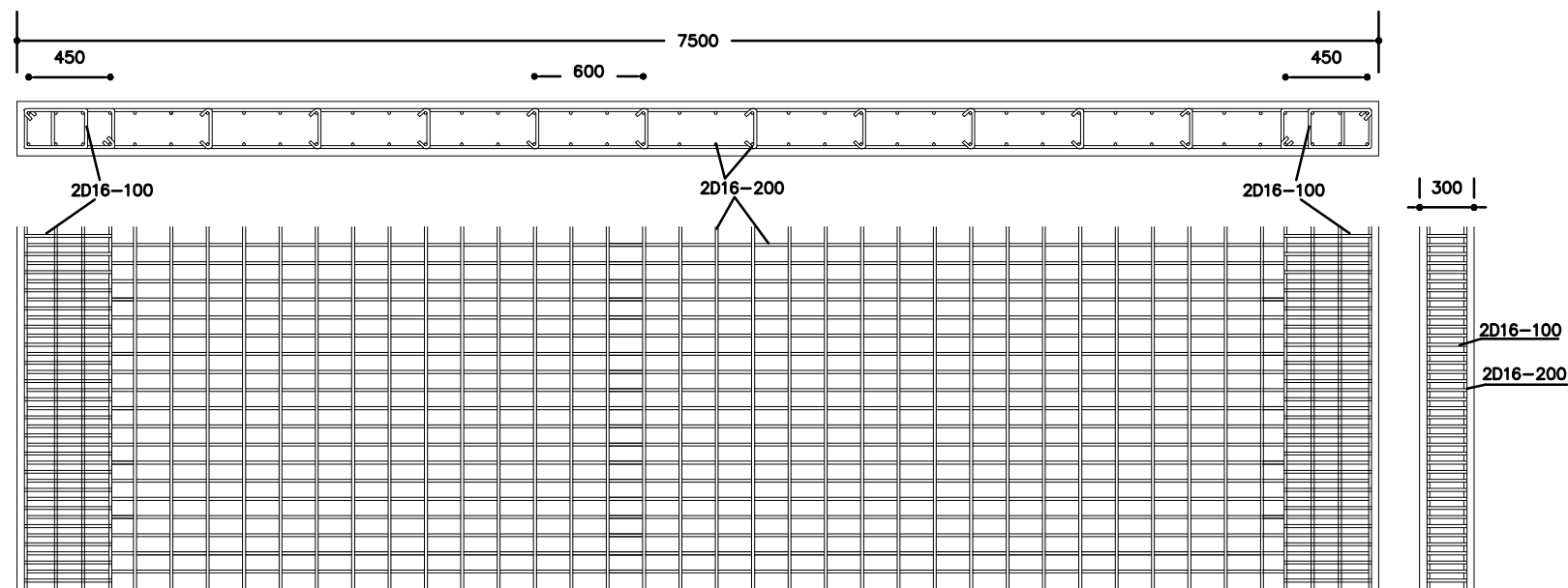
1 : 40


NOMOR GAMBAR

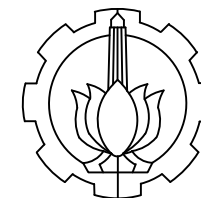
11

18

CATATAN



 **DETAIL SHEARWALL 3**  
SKALA 1 : 40



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL BALOK 1

SKALA

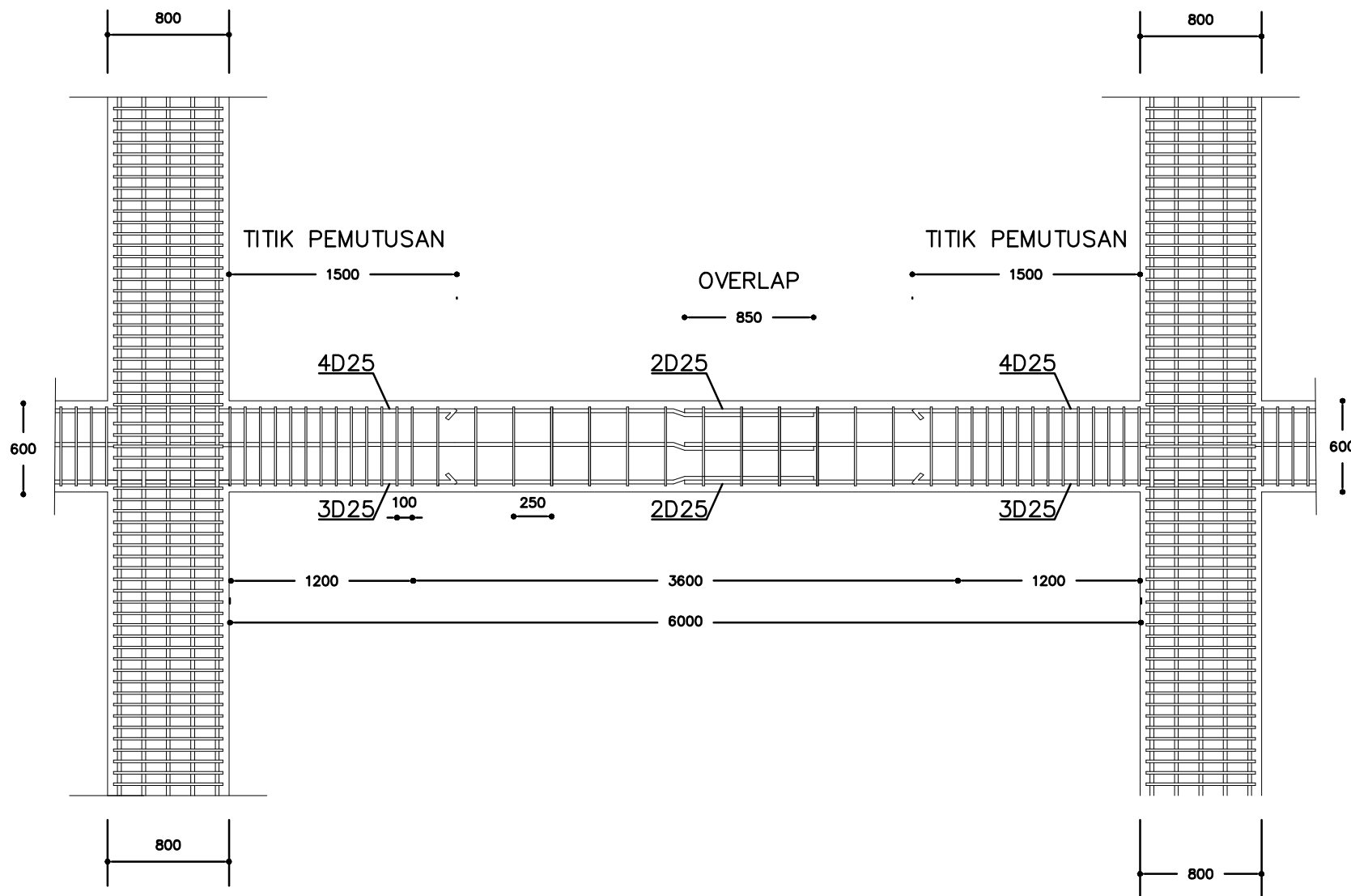
1 : 40

NOMOR GAMBAR

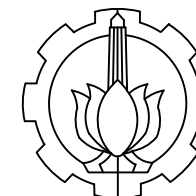
12

18

CATATAN



DETAIL BALOK 1  
SKALA 1 : 40



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL BALOK ATAP

SKALA

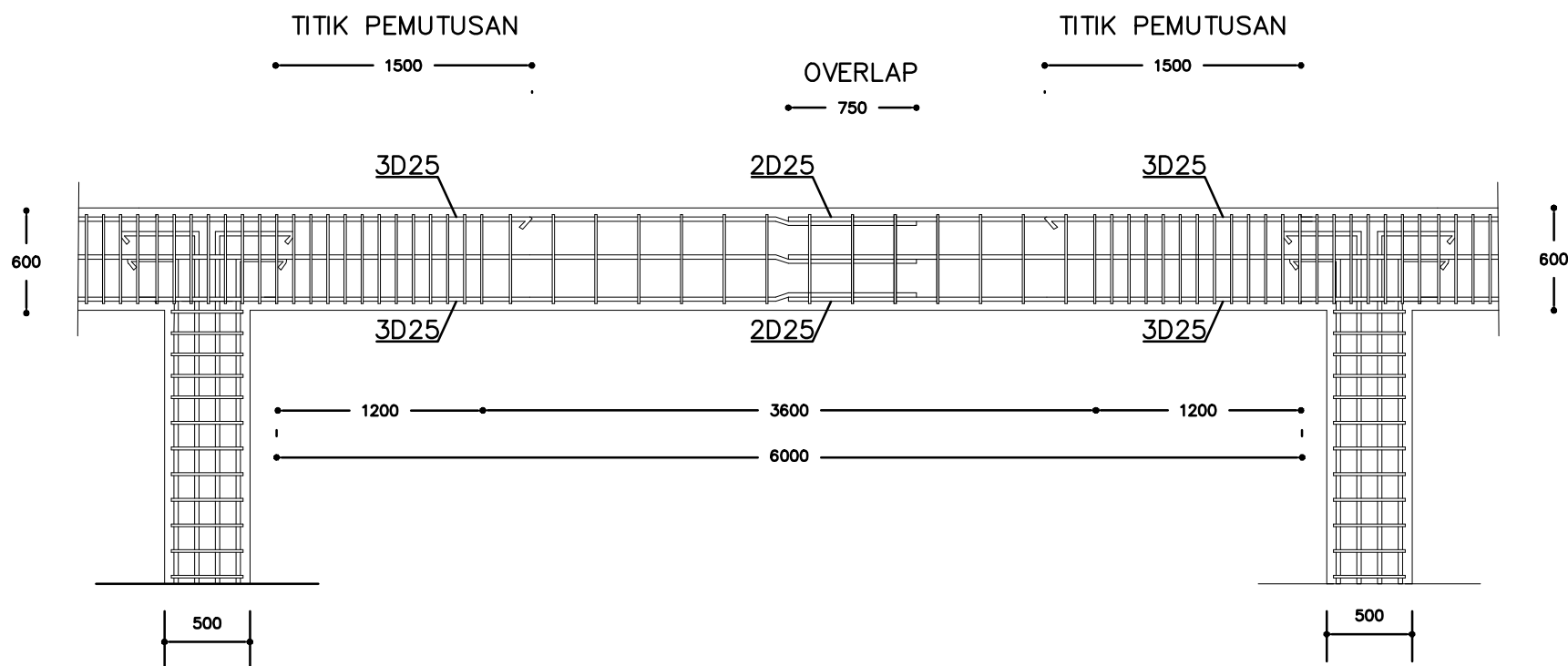
1 : 40

NOMOR GAMBAR

13

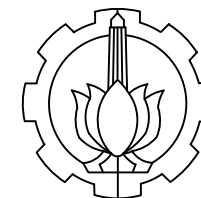
18

CATATAN



DETAIL BALOK ATAP  
SKALA 1 : 40





PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL KOLOM

SKALA

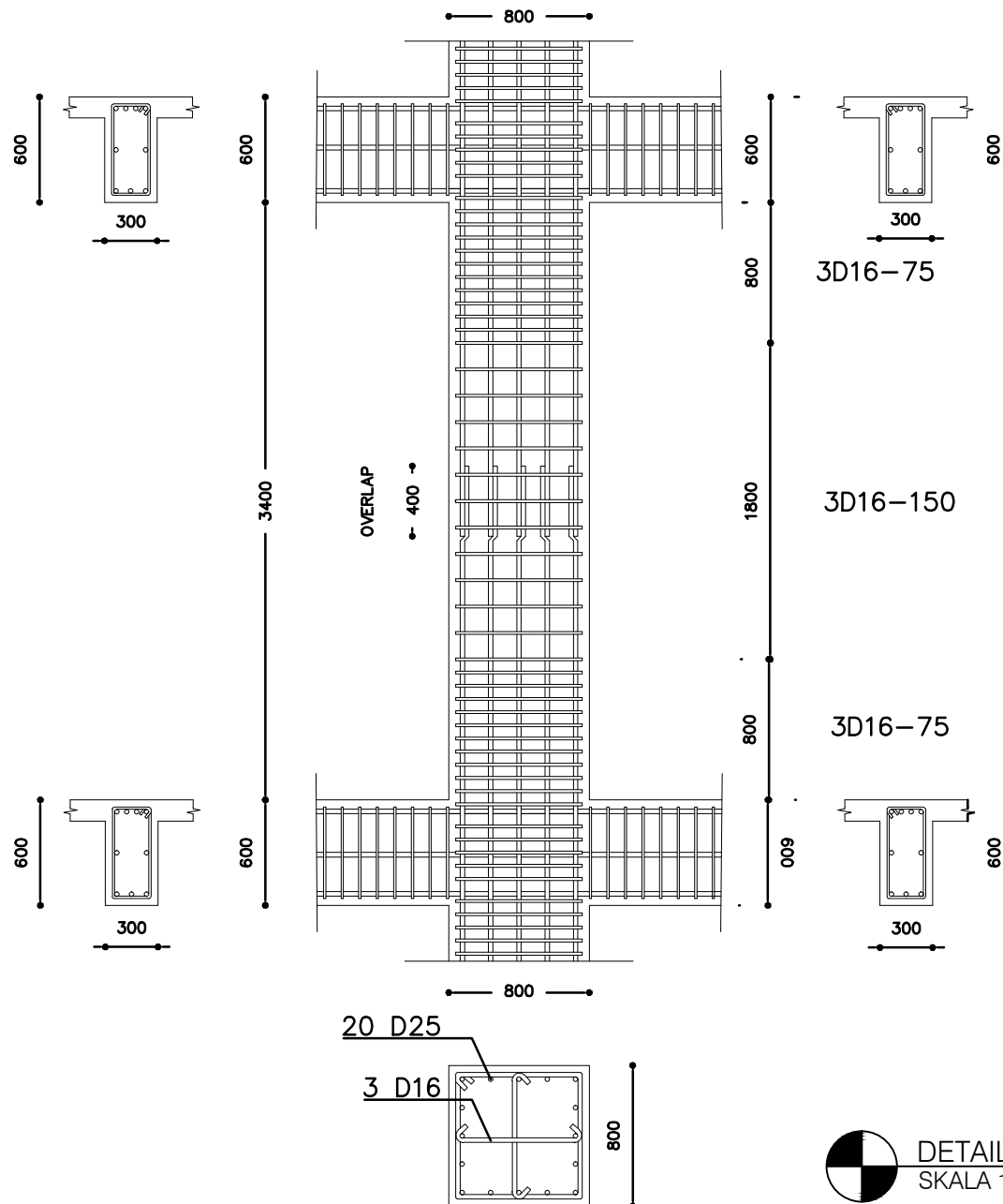
1 : 40

NOMOR GAMBAR

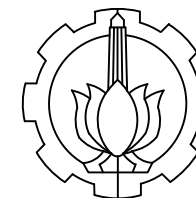
14

18

CATATAN



 **DETAIL KOLOM**  
SKALA 1 : 40



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI 1-16

SKALA

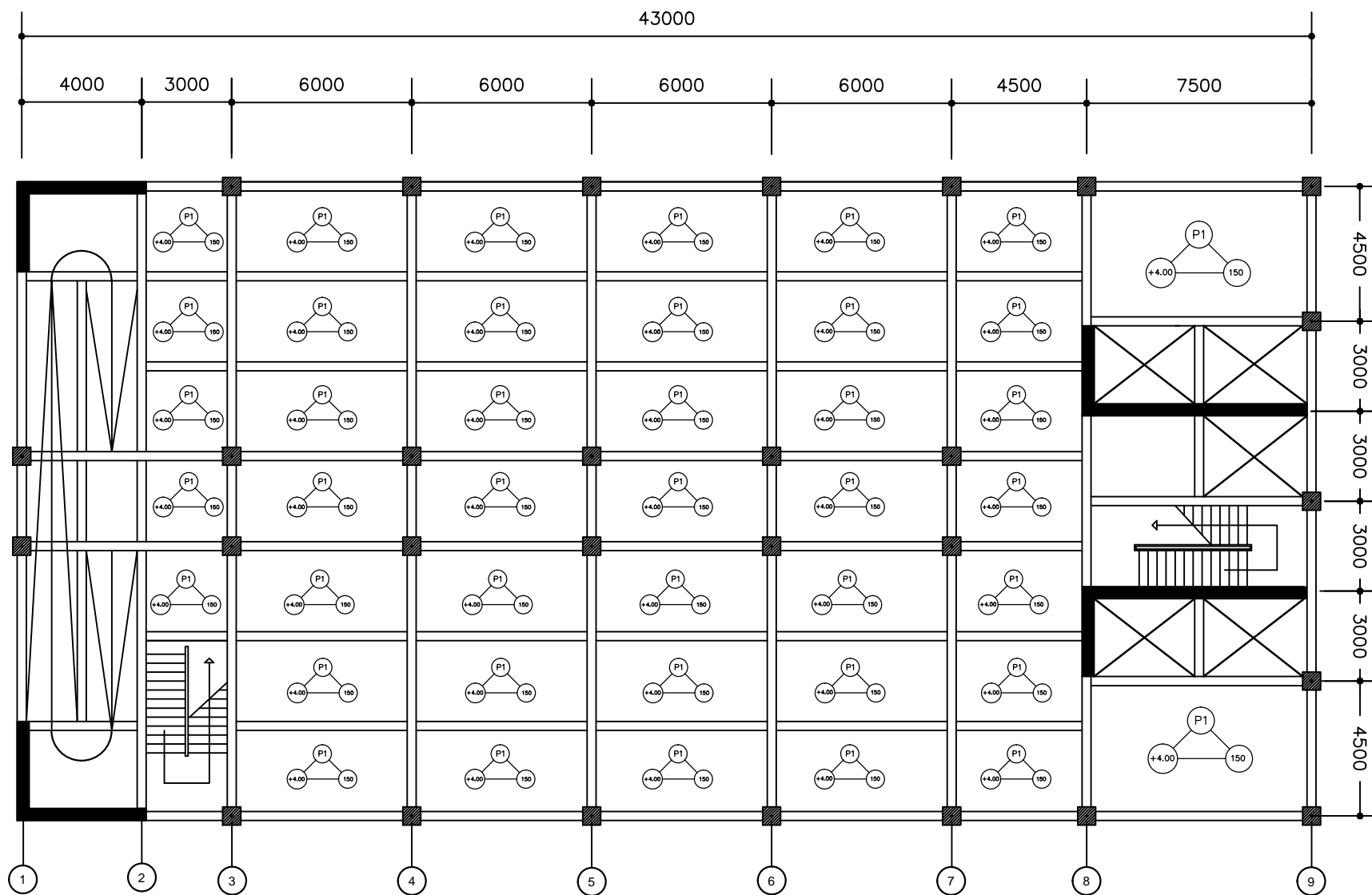
1 : 200

NOMOR GAMBAR

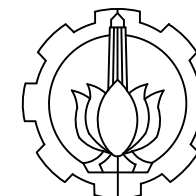
15

18

CATATAN



DENAH PELAT LANTAI 1 - 16  
SKALA 1 : 200



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT ATAP

SKALA

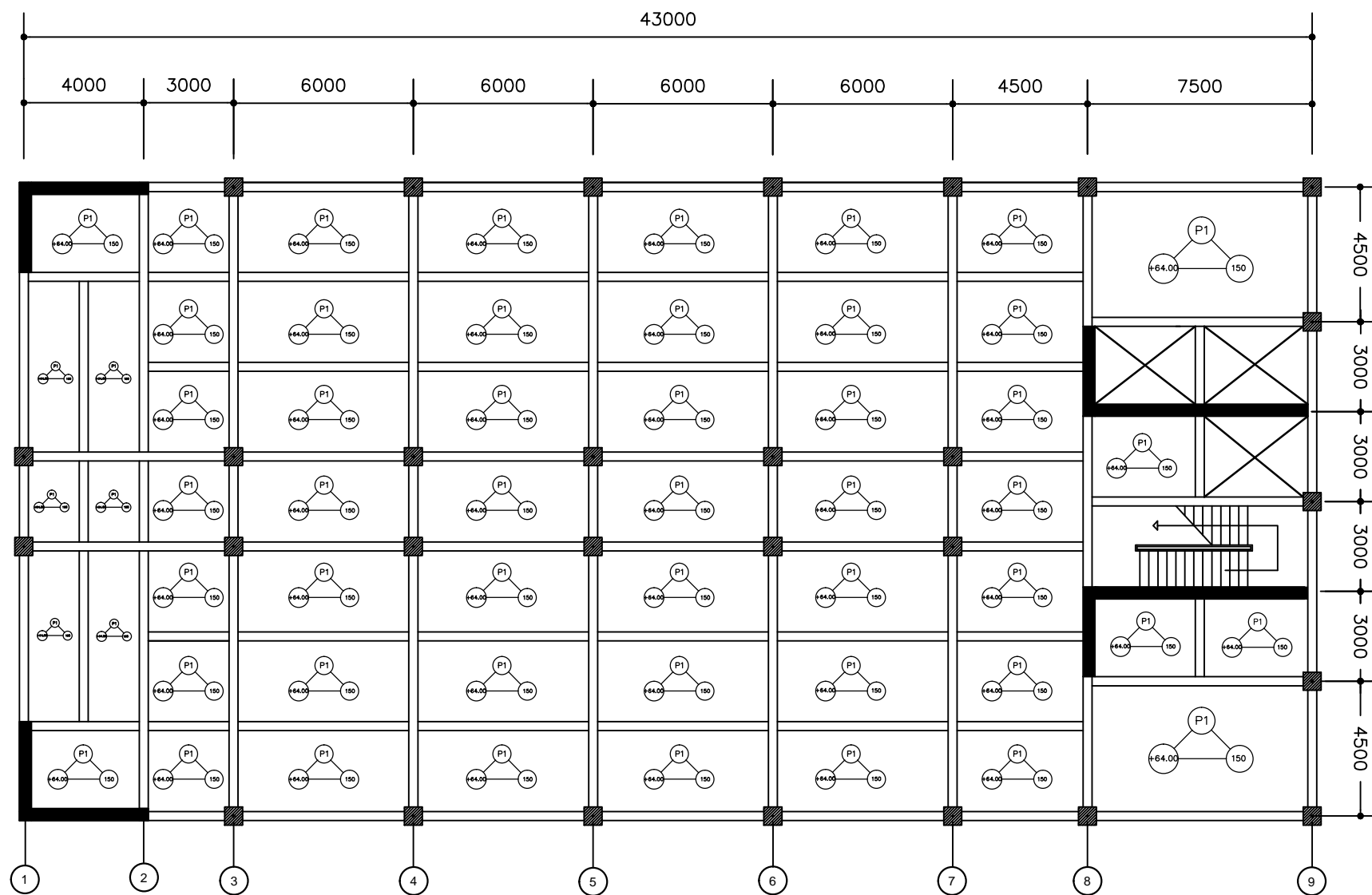
1 : 200

NOMOR GAMBAR

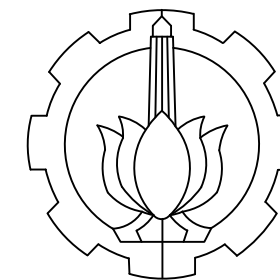
16

18

CATATAN



 DENAH PELAT ATAP  
SKALA 1 : 200



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT  
LANTAI & BASEMENT

SKALA

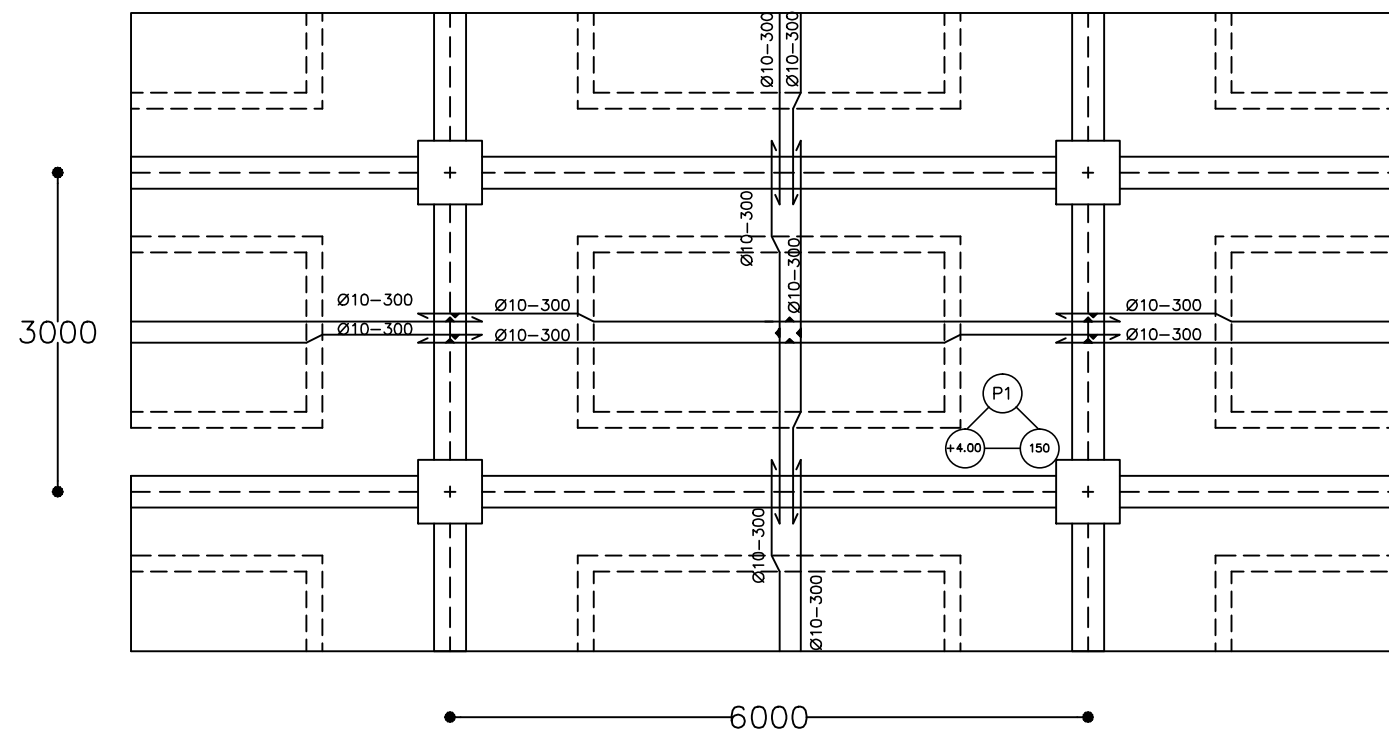
1 : 100

NOMOR GAMBAR

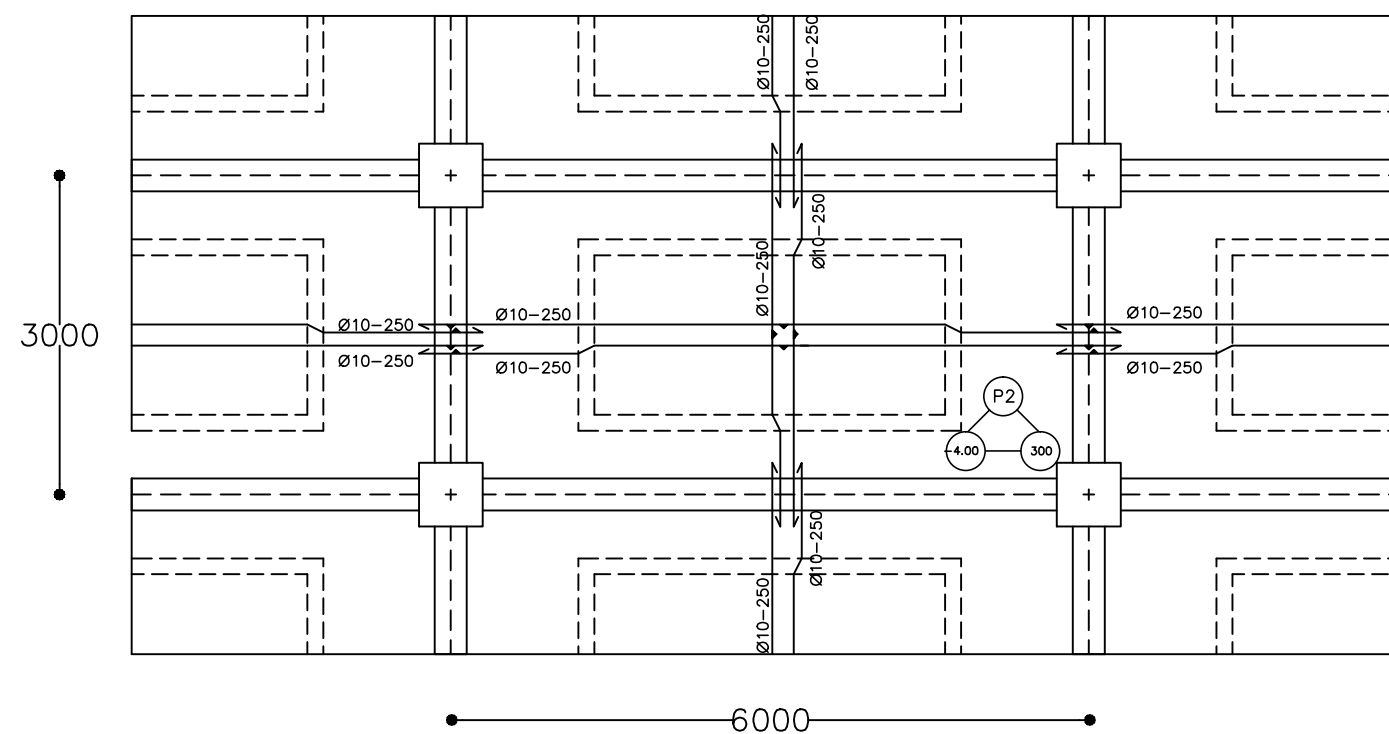
17

18

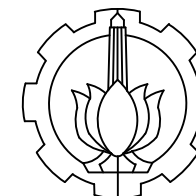
CATATAN



6000  
PENULANGAN PELAT LANTAI  
SKALA 1 : 100



6000  
PENULANGAN PELAT BASEMENT  
SKALA 1 : 100



PROGRAM S-1  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ULANG RSUD KOJA,  
JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN  
PERFORMANCE BASE DESIGN

DOSEN PEMBIMBING

IR. FAIMUN MSC., PHD

MAHASISWA

MUH FAISAL MAHDY  
31 12 100 136

JUDUL GAMBAR

DETAIL TANGGA

SKALA

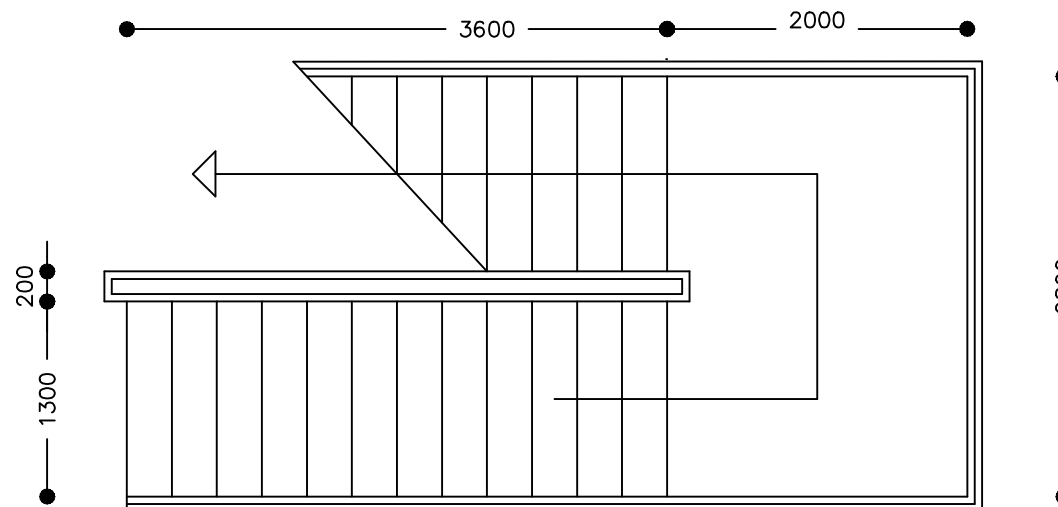
1 : 20  
1 : 50

NOMOR GAMBAR

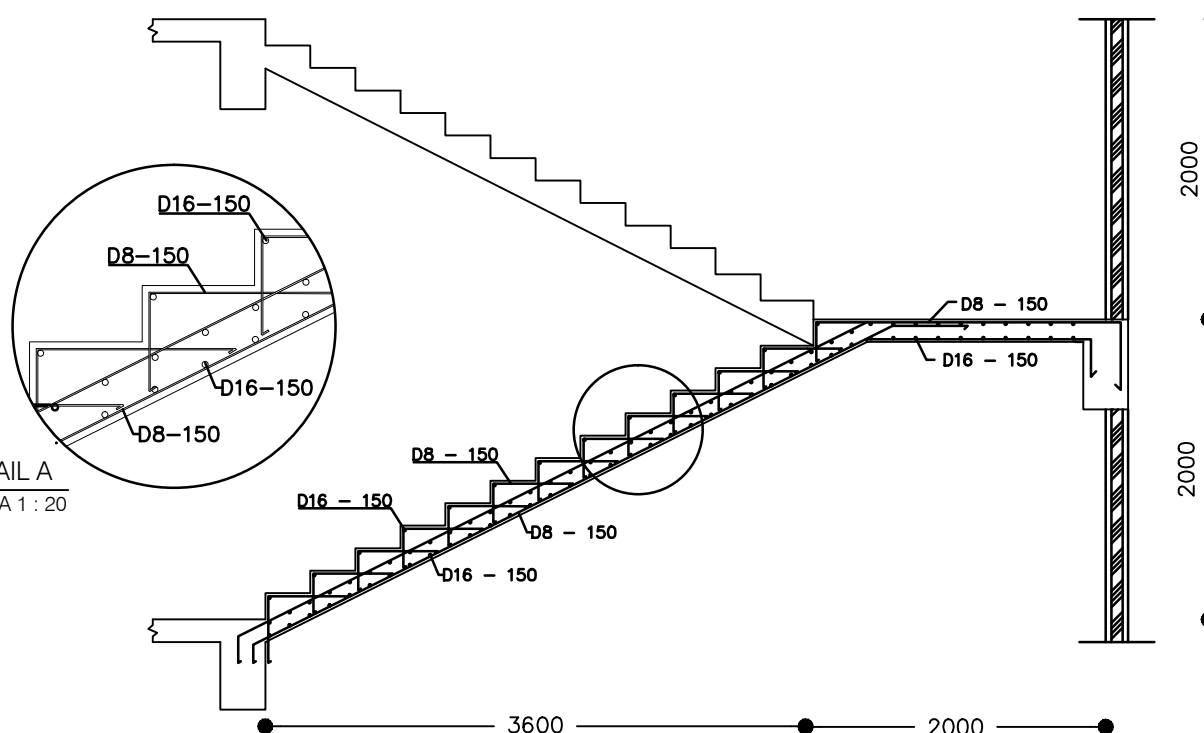
18

18

CATATAN



DENAH TANGGA  
SKALA 1 : 50



DETAIL A  
SKALA 1 : 20

PENULANGAN TANGGA  
SKALA 1 : 50

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang dilakukan dalam penyusunan Perencanaan Rumah Sakit Umum Daerah Koja Jakarta Utara menggunakan *Performance Based Design* ini ditarik kesimpulan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
  - Balok Induk : 30/60 cm
  - Kolom :
    - Lantai 13 – Atap : 50/50 cm
    - Lantai 9 – 12 : 60/60 cm
    - Lantai 5 – 8 : 70/70 cm
    - Lantai Basement – 4 : 80/80 cm
  - Dinding Geser :
    - SW 1 : 300/30 cm
    - SW 2 : 400/30 cm
    - SW 3 : 750/30 cm
2. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - Balok :
    - Balok Anak : 30/45 cm
    - Balok Lift : 30/45 cm
    - Balok Ramp : 30/40 cm
    - Balok Bordes : 30/60 cm
  - Tebal Pelat :
    - Pelat bordes : 15 cm
    - Pelat lantai : 15 cm
    - Pelat atap : 15 cm
    - Pelat basement : 20 cm

3. Dari hasil analisa *Direct Integration Analysis* dengan menggunakan gempa Northridge arah X dan arah Y, menunjukkan bahwa pada kondisi-kondisi awal terjadinya sendi plastis, struktur yang mengalami sendi plastis adalah balok sehingga pada saat terjadi gempa, orang-orang yang berada dalam gedung bisa mendapatkan “*early warning*” terlebih dahulu dan dapat menyelamatkan diri dari gedung dan struktur RSUD Koja Jakarta Utara memenuhi kriteria “*Strong Column Weak Beam*”.
4. Dari hasil analisa *Fast Nonlinear Analysis*, didapatkan defleksi maksimum yang terjadi yaitu gempa arah  $x = 0.464$  m dan gempa arah  $y = 0.393$  m sehingga memenuhi persyaratan *target displacement* yaitu 0.587 m
5. Dari hasil analisa *Fast Nonlinear Analysis*, didapatkan *drift story* yang terjadi pada gempa arah X maupun gempa arah Y telah memenuhi batas *drift story* level kinerja *Life Safety* yaitu 0.02. Dimana kondisi kategori *life safety* ialah komponen struktural boleh saja mengalami kerusakan, tetapi tidak diperkenankan terjadi keruntuhan yang dapat mengancam jiwa manusia (resiko korban jiwa sangat rendah) bangunan dapat berfungsi kembali setelah dilakukan perbaikan komponen struktural dan non-struktural pasca gempa terjadi.

## 7.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini meliputi :

1. Karena keterbatasan waktu dan fasilitas maka *time step* yang digunakan pada analisa *Direct Integration Analysis* hanya per 0.5 detik. Diharapkan untuk kedepannya *time step* yang digunakan dapat lebih

kecil lagi sehingga hasil analisa perilaku struktur pada saat gempa dapat lebih akurat.

2. Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur menggunakan *performance based design* lebih lanjut karena metode ini sangat membutuhkan tinjauan lanjut dan koreksi agar dapat diterapkan dengan tepat sehingga dihasilkan kinerja struktur bangunan yang sesuai ketika terjadi gempa.



*“halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. 2010. **Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures**. Reston, Virginia.
- Aydan, O. 2008. **Seismic and Tsunami Hazard Potentials in Indonesia with a special emphasis on Sumatra Island**. Japan : Tokai University.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)**. Jakarta: BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)**. Jakarta: BSNI.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983**. Jakarta: PU.
- Kalkan E., Chopra A.K., 2010. **Practical Guidelines to Select and Scale Earthquake Records for Nonlinear Response History Analysis of Structures**. U.S. Geological Survey Open-File Report 2010.
- Munafi, Yunalia ., 2012 ., **Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung DPU Wilayah Kabupaten Wonogiri dengan Analisis Pushover**, Simposium Nasional RAPI XI FT UMS, Surakarta

Paulay, T., Priestley, M.J.N., 1992, *Seismic Design Of Reinforced Concrete And Masonry Buildings*, John Wiley & Sons Inc., New York.

Pranata, Yosafat Aji.,2007., **STUDI PERENCANAAN BERBASIS PERPINDAHAN:Metode Direct-Displacement Based Design Studi Kasus pada Rangka Beton Bertulang Bertingkat Rendah.**

Priestley, M.J.N. 2000. **Performance Based Seismic Design.** 12WCEE 2000.

## **BIODATA PENULIS**



Penulis lahir di Ujung Pandang, pada tanggal 1 April 1995 dengan nama lengkap Muhammad Faisal Mahdy. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu TK Merpati Pos Makassar, SD Negeri Sudirman 1 Makassar, SMP Negeri 6 Makassar, SMA Negeri 17 Makassar. Setelah lulus dari SMA Negeri 17 Makassar, penulis melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi dan penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP. 3112100136.

Selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis sangat tertarik pada Bidang Struktur. Penulis sempat aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), Badan Eksekutif Mahasiswa ITS (BEM ITS) dan kepanitiaan di lingkup institut.