

28474/H/07



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

RSS  
Bgo. ST 1  
Pra  
P-1  
2007

TUGAS AKHIR - PS 1380

**PERANCANGAN MODIFIKASI GEDUNG RUMAH  
SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN SISTEM RANGKA  
PEMIKUL MOMEN KHUSUS UNTUK DIBANGUN  
DI ACEH**

**YULIKO EKO PRASETYO**  
**NRP. 3104 109 617**

**Dosen Pembimbing**  
**Udman Hanifah Ir.Dipl.HE**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1 LINTAS JALUR**  
**Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2007**

PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Terima	22 - 7 - 2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	227187



FINAL DUTY - PS 1380

## **MODIFICATION DESIGN OF CITRA MEDIKA HOSPITAL BUILDING WITH SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME TO BUILT IN ACEH**

**YULIKO EKO PRASETYO**  
**NRP. 3104 109 617**

**Lecture**  
**Udman Hanifah Ir.Dipl.HE**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1 LINTAS JALUR**  
**Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2007**

**PERANCANGAN MODIFIKASI GEDUNG RUMAH  
SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH**

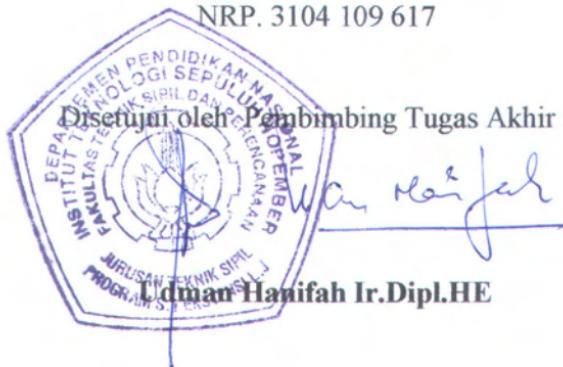
**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**YULIKO EKO PRASETYO**  
NRP. 3104 109 617

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Lidman Hanifah Ir.Dipl.HE**

SURABAYA  
PEBRUARI, 2007

# **PERANCANGAN MODIFIKASI GEDUNG RUMAH SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS UNTUK DIBANGUN DI ACEH**

**Nama Mahasiswa : Yuliko Eko Prasetyo**

**NRP : 3104 109 617**

**Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS**

**Dosen Pembimbing: Udman Hanifah.Ir.Dipl.HE**

## **Abstrak**

*Bencana alam tsunami di Aceh telah mengakibatkan banyak sekali korban harta benda maupun nyawa. Banyak fasilitas-fasilitas penting yang rusak termasuk kantor pemerintah dan rumah sakit. Untuk itu perlu dibangun kembali gedung-gedung tersebut, yaitu salah satunya adalah gedung rumah sakit. Adanya peraturan baru tentang Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), maka gedung Rumah Sakit Citra Medika kecamatan Tarik Sidoarjo akan direncanakan ulang dan dimodifikasi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.*

*Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana menentukan dimensi awal, memodelkan struktur, menentukan pembebanan, dan menganalisa struktur sampai melakukan penggambaran.*

*Perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sistem rangka pemikul momen adalah sistem rangka ruang dalam dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya dalam yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial, dimana perhitungan struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dirancang dengan menggunakan konsep kolom kuat balok lemah*

*(Strong Column Weak Beam) yang merancang kolom sedemikian rupa agar bangunan dapat berespon terhadap beban gempa dengan mengembangkan mekanisme sendi plastis pada balok-baloknya dan dasar kolom. Dalam hal ini beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor jenis struktur, R sebesar 8,5.*

*Kata kunci : Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).*

# **MODIFICATION DESIGN OF CITRA MEDIKA HOSPITAL BUILDING WITH SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME TO BUILT IN ACEH**

<b>Student Name</b>	<b>:</b> Yuliko Eko Prasetyo
<b>Main Number</b>	<b>:</b> 3104 109 617
<b>Department</b>	<b>:</b> Civil Eng FTSP-ITS
<b>Lecture</b>	<b>:</b> Uzman Hanifah.Ir.Dipl.HE

## **Abstract**

*Natural disaster of Tsunami in Aceh have resulted a lot of good and chattel victim and also soul. Many damage important facilitys is including governmental office and hospital. For that require to be rebuilt by the physical plant, that is one of them is hospital building. Existence of new regulation about Procedures Planning Of Structure Concrete For The Building (SNI 03-2847-2002) and Procedures Planning of Resilience Earthquake for the Building(SNI 03-1726-2002), hence Citra Medika Hospital building Medika Interesting district of Sidoarjo will be planned to repeat and modified with Special Moment Resisting Frame System .*

*Problems to be discussed in this final duty is how to determine dimension early, modeling structure, determining encumbering, and analyse structure until drawing.*

*Planning development of storey building for area at risk to high earthquake use Special Moment Resisting Frame System (SMRF). Moment Resisting Frame System is system construct room in where structure components and joints arrest styles in laboring through limber action, shear and axial, where calculation of structure with Special Moment Resisting Frame System designed by using Strong Column Weak Beam concept what design column in such a manner so that building earn responsible to earthquake burden by developing joint mechanism of plasti at its logs and column base. In this case plan earthquake burden have to be calculated pursuant to structure type factor, R equal to 8,5.*

**Keyword :** Special Moment Resisting Frame System ( SMRF).

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur Alhamdulillahirobbil'alamin atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini berusaha membahas tentang perancangan modifikasi struktur gedung di daerah rawan gempa, sehingga dapat menjadi salah satu alternatif perencanaan konstruksi yang efektif dan efisien.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Uzman Hanifah, Ir.Dipl.HE selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Ir.Sadji selaku dosen wali yang telah membantu dan mengarahkan penulis selama masa studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Prof. Dr. Ir. Indrasurya B. Mochtar selaku ketua jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Seluruh dosen serta jajaran staf dan karyawan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Keluarga, teman-teman dan seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulis berusaha menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Sumbangan saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan penulis dalam memberikan kesempurnaan penyusunan Tugas Akhir ini sehingga memberikan manfaat yang sebesar-besarnya

Surabaya, Januari 2007

Penulis

## **DAFTAR ISI**

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>ABSTRAK</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b>	i
<b>DAFTAR ISI</b>	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL</b>	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Umum	5
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Umum	7
3.2 Peraturan Yang Digunakan	8
3.3 Pemodelan Struktur	8
3.4 Pembebanan	9
3.5 Analisa Struktur	9
3.6 Diagram Alur Perencanaan Gedung	9
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER</b>	
4.1 Umum	21
4.2 Pemodelan Dan Analisa Struktur Pelat	21
4.3 Preliminary Design	22
4.3.1 Perencanaan Dimensi Balok	22
4.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom	23
4.3.3 Perencanaan Dimensi Sloof	24
4.4 Dasar Perhitungan Dimensi Plat	25

4.4.1 Plat dua arah (two way slab)	25
4.4.2 Plat satu arah (one way slab)	26
<b>4.5 Perhitungan Ketebalan Pelat</b>	<b>28</b>
<b>4.6 Pembebanan Pelat</b>	<b>33</b>
<b>4.7 Penulangan Pelat</b>	<b>36</b>
4.7.1 Penulangan Pelat Lantai	36
4.7.2 Penulangan Pelat Atap	41
<b>4.8 Desain Tangga</b>	<b>45</b>
4.8.1 Perencanaan Tangga (As 7-8, C) dan (As 3,F-G)	45
4.8.2 Pembebanan	47
4.8.2.1 Pembebanan Tangga	47
4.8.2.2 Pembebanan Bordes	48
4.8.3 Analisa Struktur Tangga	48
4.8.4 Penulangan Tangga	48
4.8.4.1 Penulangan Pelat Tangga	49
4.8.4.2 Penulangan Pelat Bordes	50
<b>4.9 Perhitungan Penulangan Balok Bordes</b>	<b>51</b>
4.9.1 Perencanaan Dimensi Balok Bordes	51
4.9.2 Pembebanan Balok Bordes	52
4.9.3 Penulangan Lentur Balok Bordes	52
4.9.4 Penulangan Geser Balok Bordes	55
<b>4.10 Perencanaan Lift</b>	<b>55</b>
4.10.1 Data Perencanaan	55
4.10.2 Balok Pemisah Sangkar (30/40)	57
4.10.2.1 Pembebanan	57
4.10.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur	58
4.10.2.3 Penulangan Geser	60
4.10.3 Balok Penumpu Belakang (35/50)	61
4.10.3.1 Pembebanan	61
4.10.3.2 Perhitungan Tulangan Lentur	63
4.10.3.3 Penulangan Geser	66
4.10.4 Balok Penumpu Depan (35/50)	67
4.10.4.1 Pembebanan	67
4.10.4.2 Perhitungan Tulangan Lentur	68
4.10.4.3 Penulangan Geser	71

4.11 Perencanaan Balok Anak	72
4.11.1 Pembebanan Balok Anak	72
4.11.2 Penulangan Balok Anak	75
4.11.2.1 Balok anak Atap (20/30)	75
4.11.2.2 . Balok Anak Lantai (25/35)	80
 BAB V PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER	
5.1 Umum	85
5.1.1 Data Perencanaan	85
5.1.2 Pemodelan Struktur	86
5.1.3 Pembebanan	86
5.1.3.1 Beban Gravitasi	86
5.1.3.2 Beban Gempa	87
5.1.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	88
5.1.5 Arah Pembebanan Gempa	88
5.1.6 Analisis Respons Dinamik	89
5.1.7 Kontrol Batasan Simpangan (Driff)	90
5.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk	92
5.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok	93
5.2.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Tumpuan	94
5.2.1.2 Perhitungan Penulangan Lentur Lapangan	101
5.2.1.3 Perhitungan Momen Probabel	106
5.2.1.4 Penulangan Geser Balok	107
5.2.1.5 Penulangan Torsi	110
5.2.1.6 Kontrol Lendutan	111
5.2.1.7 Kontrol Retak	111
5.2.1.8 Panjang Penyaluran	113
5.3 Balok Kantilever	114
5.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur	116
5.3.2 Perhitungan Penulangan geser	119
5.4 Perhitungan Struktur Kolom	121
5.4.1 Perhitungan Kolom Tingkat 1 s/d 4	121
5.4.1.1 Data Perencanaan	121
5.4.1.2 Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom	122

5.4.1.3	Persyaratan Strong Column Weak Beam	125
5.4.1.4	Pengekangan Kolom di Daerah Sendi Plastis	128
5.4.1.5	Kebutuhan Tulangan Geser	130
5.4.1	Perhitungan Kolom Tingkat 4 s/d 8	133
5.4.2.1	Data Perencanaan	133
5.4.2.2	Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom	134
5.4.2.3	Persyaratan Strong Column Weak Beam	137
5.4.2.4	Pengekangan Kolom di Daerah Sendi Plastis	140
5.4.2.5	Kebutuhan Tulangan Geser	142
5.4.3	Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom	144
5.4.4	Desain Hubungan Balok Kolom	146
5.4.4.1	Perhitungan Joint Balok-Kolom Interior	146
5.4.4.2	Perhitungan Joint Balok-Kolom Exterior	149

## BAB VI PERENCANAAN PONDASI

6.1	Umum	151
6.1.1	Perhitungan Daya Dukung Tiang	152
6.1.2	Perencanaan Kelompok Tiang (Pile Group)	155
6.2	Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 1	155
6.2.1	Perhitungan Daya Dukung	155
6.2.2	Perencanaan Poer	158
6.2.3	Kontrol Geser Pons Poer	158
6.2.4	Penulangan Lentur Poer	159
6.2.5	Perhitungan Tulangan Geser	162
6.3	Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 2	162
6.3.1	Perhitungan Daya Dukung	162
6.3.2	Perencanaan Poer	165
6.3.3	Kontrol Geser Pons Poer	165
6.3.4	Penulangan Lentur Poer	167

6.3.5 Perhitungan Tulangan Geser	170
<b>6.4 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 3</b>	<b>170</b>
6.4.1 Perhitungan Daya Dukung	170
6.4.2 Perencanaan Poer	173
6.4.3 Kontrol Geser Pons Poer	174
6.4.4 Penulangan Lentur Poer	175
6.4.5 Perhitungan Tulangan Geser	178
<b>6.5 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 4</b>	<b>179</b>
6.5.1 Perhitungan Daya Dukung	179
6.5.2 Perencanaan Poer	179
6.5.3 Kontrol Geser Pons Poer	180
6.5.4 Penulangan Lentur Poer	181
6.5.5 Perhitungan Tulangan Geser	183
<b>6.6 Perencanaan Sloof</b>	<b>183</b>
6.6.1 Penulangan Lentur Pada Sloof	185
6.6.2 Penulangan Geser Sloof	186
<b>BAB VII KESIMPULAN</b>	
<b>7.1 Kesimpulan</b>	<b>187</b>
<b>7.2 Saran</b>	<b>188</b>

**DAFTAR PUSTAKA**  
**LAMPIRAN**  
**GAMBAR PERENCANAAN**

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 3.1 Konfigurasi Struktur Gedung	12
Gambar 3.2 Rencana Denah Balok dan Kolom Lantai 2	13
Gambar 3.3 Tampak Depan	13
Gambar 3.4 Rencana Balok, Kolom dan Plat Lantai 4 dan 6	14
Gambar 4.1 Pelat Type A	28
Gambar 4.2 Penampang Tangga	46
Gambar 4.3 Denah Tangga As 7-8,C	47
Gambar 4.4 Skema Tangga	47
Gambar 4.5 Denah Balok Sangkar lift	56
Gambar 4.6 Denah Balok, Kolom dan Pelat Atap	73
Gambar 4.7 Gaya Dalam Pada Balok Anak	75
Gambar 5.1 diagram tegangan regangan tulangan rangkap	94
Gambar 5.2 diagram tegangan regangan tulangan rangkap	98
Gambar 5.3 diagram tegangan regangan tulangan rangkap	102
Gambar 5.4 diagram tegangan regangan tulangan tunggal	103
Gambar 5.5 diagram tegangan regangan balok T	105
Gambar 5.6 Perencanaan geser untuk balok-kolom	107
Gambar 5.7 Gambar Luas Tarik Efektif Beton	112
Gambar 5.8 diagram tegangan regangan tulangan rangkap	116
Gambar 5.9 diagram tegangan regangan tulangan tunggal	117
Gambar 5.10 Detail Balok yang menyatu pada Kolom	121
Gambar 5.11 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 1 dan 2	123
Gambar 5.12 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 2 dan 3	124
Gambar 5.13 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 1 dan 2	124
Gambar 5.14 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 2 dan 3	125
Gambar 5.15 Tulangan Memanjang Kolom Lt. 1 – 4	125
Gambar 5.16 Nilai Mpr Kolom TGambar 5.24 Detail Balok yang Menyatu pada Kolom	130
Gambar 5.17 Detail Balok yang Menyatu pada Kolom	133

Gambar 5.18 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 4 dan 5	135
Gambar 5.19 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 5 dan 6	136
Gambar 5.20 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 4 dan 5	136
Gambar 5.21 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 5 dan 6	137
Gambar 5.22 Tulangan Memanjang Kolom Lt. 4 – 8	137
Gambar 5.23 Nilai Mpr Kolom Tengah Tingkat 4 (Lt.4-Lt5)	142
Gambar 5.24 Detail Penulangan Kolom	146
Gambar 5.25 Analisa Geser pada Beam Colomn Joint Interior Lt.2	147
Gambar 5.26 Analisa Geser pada Beam Colomn Joint Eksterior lantai 2	149
Gambar 6.1 Diagram Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang ( $f_b$ )	153
Gambar 6.2 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 1	156
Gambar 6.3 Pembebanan Poer Type 1(arah x)	159
Gambar 6.4 Pembebanan Poer Type 1(arah y)	161
Gambar 6.5 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 2	163
Gambar 6.6 Pembebanan Poer Type 2 ( arah x )	167
Gambar 6.7 Pembebanan Poer Type 2 ( arah y )	168
Gambar 6.8 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 3	171
Gambar 6.9 Pembebanan poer Type 3 ( arah x )	175
Gambar 6.10 Pembebanan Poer Type 3 ( arah y )	177
Gambar 6.11 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 4	179
Gambar 6.12 Pembebanan Poer Type 4 ( arah x )	181
Gambar 6.13 Pembebanan Poer Type 4 ( arah y )	182
Gambar 6.14 Posisi Perletakan sloof	185
Gambar 6.15 Diagram Interaksi Sloof	185

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Dimensi Struktur	24
Tabel 5.1 Partisipasi Massa	90
Tabel 5.2 Kinerja Batas Layan	90
Tabel 5.3 Kinerja Batas Ultimate	91
Tabel 5.4 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 1 dan 2	122
Tabel 5.5 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 2 dan 3	122
Tabel 5.6 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 1 dan 2	122
Tabel 5.7 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 2 dan 3	123
Tabel 5.8 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 4 dan 5	134
Tabel 5.9 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 5 dan 6	134
Tabel 5.10 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 4 dan 5	134
Tabel 5.11 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 5 dan 6	135
Tabel 6.1 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang	152
Tabel 6.2 Gaya Geser Pada Keliling Permukaan Tiang, Digolongkan Menurut Lapisan tanah	

## BAB I

# PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bencana alam tsunami di Aceh telah mengakibatkan banyak sekali korban harta benda maupun nyawa. Banyak fasilitas-fasilitas penting yang rusak termasuk kantor pemerintah dan rumah sakit. Untuk itu perlu dibangun kembali gedung-gedung tersebut, yaitu salah satunya adalah gedung rumah sakit. Adanya peraturan baru tentang Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002), maka gedung Rumah Sakit Citra Medika kecamatan Tarik Sidoarjo dengan existing 3 lantai menjadi 8 lantai akan dirancang ulang dan dimodifikasi dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

Perancangan gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, yaitu kriteria kekuatan, kekakuan disamping ekonomis perilaku struktur yang terjadi pada taraf gempa rencana serta aspek ekonomis. Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 dengan tingkat resiko kegempaan paling tinggi. Pembagian wilayah gempa ini, didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat pengaruh gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun dan asumsi umur bangunan adalah 50 tahun. Berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2002 tentang ketahanan gempa, maka daerah Aceh termasuk daerah wilayah gempa 5. Untuk merancang bangunan bertingkat banyak dari sisi perhitungan kekuatan struktur memerlukan pertimbangan yang matang, terutama bila gedung itu dirancang tahan terhadap gempa. Untuk daerah Aceh digunakan ketentuan perancangan gempa dengan sistem rangka pemikul momen dimana Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan beban lateral

dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

Menurut tabel 3 SNI 03-1726-2002, SRPMK harus dipakai di wilayah gempa 5 dan 6, selain itu harus memenuhi persyaratan disain pada pasal 23.2 sampai 23.7 (SNI 03-2847-2002) disamping pasal-pasal sebelumnya yang masih berlaku (Prof.Ir. Rachmat Purwono M.Sc, 2005). Bangunan yang dirancang terhadap gempa dimaksud untuk mampu memikul tegangan-tegangan, disamping menahan pergerakan struktur akibat gempa. Oleh karena itu, gedung rumah sakit Citra medika ini akan dirancang ulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

Sedangkan modifikasi yang akan dilakukan terhadap gedung yang telah ada, antara lain : Luas bangunan 5263 m<sup>2</sup> menjadi 12315 m<sup>2</sup>, Perubahan Atap baja menjadi Plat Beton pada lantai ke 8, dan ketinggian gedung 14 m menjadi 28 m.

## 1.2 Rumusan masalah

Bagaimana melakukan perancangan modifikasi struktur gedung Rumah Sakit Citra Medika kecamatan Tarik Sidoarjo dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk dibangun Aceh.

## 1.3 Tujuan

Perancangan modifikasi struktur gedung Rumah Sakit Citra Medika kecamatan Tarik Sidoarjo dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus untuk dibangun Aceh.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 dan SNI 03 – 1726 – 2002..
2. Perancangan ini tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi di dalam penyelesaian pekerjaan proyek.
3. Perancangan ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, pembuangan, saluran air bersih,

instalasi/jaringan listrik, finishing dsb. Sistem distribusi pembebanan dalam hal ini ditetapkan sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Perkembangan teknologi perancangan bangunan gedung tahan gempa terus mengalami perubahan, terutama setelah pengalaman-pengalaman kegagalan struktur akibat gempa *Northridge di California* pada tahun 1994, gempa *Hyogoken-Nanbu di Kobe, Jepang* pada tahun 1995, dan juga peristiwa gempa yang terjadi di Naggroe Aceh Darussalam dan Sumatra Utara pada tanggal 26 Desember 2004.

Perubahan-perubahan itu akan mampunya efek signifikan pada desain dan pendetailan komponen-komponen struktur, terutama yang terletak pada gempa yang beresiko tinggi. Oleh karenanya perancangan pembangunan gedung bertingkat harus memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan.

Prof. Ir. Rachmat Purwono M.Sc.2005 menyatakan bahwa perancangan dari suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah menjamin struktur bangunan tersebut agar tidak rusak atau runtuh oleh gempa kecil atau sedang, tetapi oleh gempa yang kuat, struktur utama boleh rusak tetapi tidak sampai terjadi suatu keruntuhan gedung. Hal ini dapat dicapai jika struktur gedung tersebut mampu melakukan perubahan secara daktail, dengan cara memencarkan energi gempa serta membatasi gaya yang bekerja padanya. Perancangan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Sistem Rangka Pemikul Momen adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur dan join-joinnya mampu menahan gaya-gaya dalam yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Dimana perhitungan struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dirancang dengan menggunakan konsep Kolom Kuat Balok Lemah (*Strong Column Weak Beam*) yang merancang kolom sedemikian rupa agar bangunan dapat berespon terhadap beban gempa dengan mengembangkan mekanisme sendi plastis



pada balok-baloknya dan dasar kolom. Dalam hal ini beban gempa rencana harus dihitung berdasarkan faktor jenis struktur, R sebesar 8,5 untuk struktur gedung dengan daktilitas penuh.

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Umum

Data-data gedung yang digunakan :

Nama Proyek : Pengembangan Rumah Sakit Umum Citra Medika Kecamatan Tarik Kabupaten Sidoarjo.

Lokasi Proyek : Jl. Raya Surabaya-Mojokerto Km 44 Tarik Sidoarjo.

Diskripsi Proyek : Proyek ini terdiri dari 2 Lantai + atap baja, dimodifikasi menjadi 8 lantai + lantai atap.

Struktur pondasi : Tiang Pancang.

Struktur atap : Atap baja dimodifikasi menjadi plat beton.

Mutu beton ( $f'_c$ ) : 30 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 Mpa

Fungsi bangunan : Rumah sakit.

Letak bangunan : Dekat Pantai

Sistem struktur : Rangka Pemikul Momen Khusus.

Data gempa : Zone 5 (SNI 03-1726-2002).

Jenis tanah : Tanah sedang

Aturan-aturan khusus atau asumsi yang digunakan dalam perencanaan :

- Aturan khusus untuk tangga.

Tangga dalam perencanaan ini diasumsikan bersifat non rigid dengan perletakan sendi-rol. Sehingga, tangga tidak dianggap sebagai struktur utama tetapi sebagai beban untuk menghitung gaya dalam pada struktur utama yang ada.

- Aturan khusus untuk dinding.

Dinding dalam perencanaan ini diasumsikan bersifat non rigid dengan memberikan dilatasi antara dinding dengan struktur utama. Hal ini dilakukan agar pada saat terjadi defleksi pada struktur utama, dinding tidak turut mengalami defleksi, sehingga tidak mengganggu pergerakan struktur yang ada. Hal ini berarti kekuatan dinding untuk menahan defleksi tidak diperhitungkan dan dinding pada perencanaan

difungsikan hanya sebagai beban untuk menghitung gaya dalam struktur utama.

### **3.2 Peraturan Yang Digunakan**

Perencanaan dalam tugas akhir ini menggunakan peraturan yang berlaku yaitu :

- SNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan gedung.
- SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Beban untuk bangunan Gedung.
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.
- Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971).

### **3.3 Pemodelan Struktur**

Adapun pemodelan struktur yang digunakan dalam gedung ini adalah :

#### a) Struktur Utama

Gedung yang akan direncanakan ini adalah suatu struktur gedung yang menggunakan sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Dimana dalam perhitungannya struktur utama yang akan dianalisa adalah meliputi balok induk memanjang, balok induk melintang dan kolom.

#### b) Struktur sekunder

Struktur Sekunder adalah struktur pendukung yang hanya menyalurkan beban gempa yang ada. Adapun dalam gedung ini struktur sekunder yang akan dianalisa adalah balok anak, tangga dan pelat. Dimana dalam perhitungannya harus dipisahkan dengan struktur utama.

#### c) Struktur Bawah

Adapun struktur bawah merupakan struktur yang menghubungkan antara gedung dengan tanah. Dimana dalam perhitungannya harus bisa mengakomodasi seluruh beban yang ada dan disalurkan ke tanah. Struktur bawah yang dimaksudkan disini adalah pondasi. Pondasi yang digunakan

adalah pondasi tiang pancang. Dimana dalam sistem ini meliputi tiang pancang, sloof dan poer.

### **3.4 Pembebanan**

Adapun dalam perhitungan beban yang ada mengacu pada Peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983. Dimana didalamnya disebutkan bahwa struktur gedung akan menerima beban yang terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa.

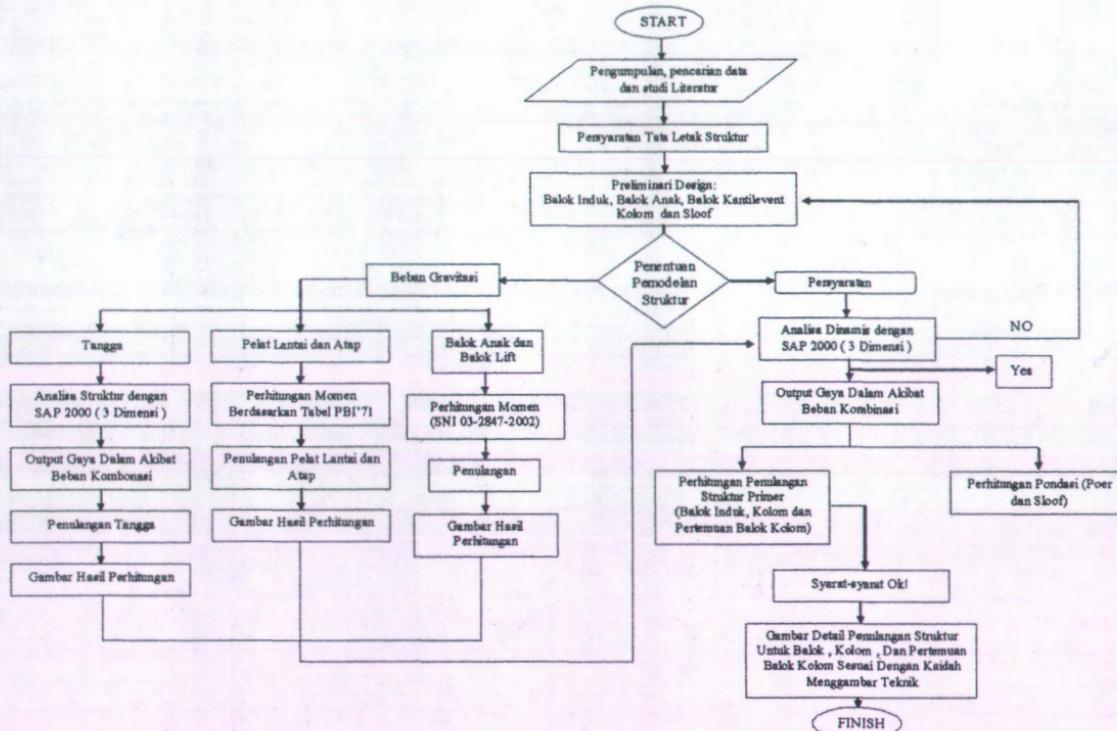
### **3.5 Analisa Struktur**

Pada saat analisa struktur kita akan menghitung kebutuhan tulangan yang ada. Untuk itu diperlukan data gaya dalam yang terjadi pada struktur yang ada. Untuk mempermudah mendapatkan gaya dalam tersebut digunakan program bantu SAP 2000 v 9.03. Dimana hasil akhir dari analisa struktur adalah didapatkannya pendetailan tulangan yang dibutuhkan oleh struktur yang ada.

### **3.6 Diagram Alur Perencanaan Gedung**

Metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini seperti yang digambarkan dalam flowcart di bawah ini:

flowchart penyelesaian Tugas Akhir :



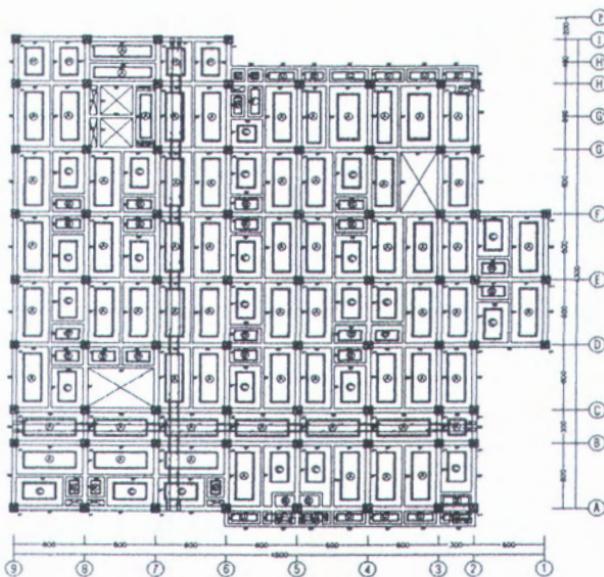
- 1) Pengumpulan dan pencarian data yang diperlukan untuk perancangan :
  - Gambar arsitektur.
  - Data Tanah.
- 2) Studi kepustakaan  
Mempelajari literatur/pustaka yang berkaitan dengan perancangan diantaranya :
  - Tata Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 2002.
  - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung, Standar Nasional Indonesia 2002.
  - Peraturan Pembebatan Indonesia untuk Gedung 1983.
  - Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971).
  - Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Rahmat Purwono, 2005.
- 3) Kriteria Perancangan
  1. Kombinasi Beban Berfaktor  
Kombinasi beban yang dipakai sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Ps.11.2
  2. Mutu Bahan  
Kuat tekan beton ( $f_c$ ) sesuai SNI 03-2847-2002 Ps. 23.2.4.1 tidak boleh kurang dari 20 MPa. Kuat tekan 20 MPa atau lebih dipandang menjamin kualitas beton.
  3. Wilayah Gempa (WG)  
Aceh termasuk dalam wilayah gempa 5 dengan nilai Percepatan Puncak Efektif Batuan Dasar (PPEBD) = 0,25 g, sehingga termasuk Resiko Gempa Tinggi.
  4. Ketentuan Umum Syarat Pendetailan  
Untuk daerah dengan Resiko Gempa Tinggi (WG 5 dan 6) berlaku selain SNI 03-2847-2002 Ps.3 s/d 20 ditambah Ps.23.2 s/d 23.8 yang merupakan pendetailan khusus.
  5. Jenis Tanah Setempat  
Menurut data tanah yang terlampir, tanah tergolong Tanah Sedang.

6. Kategori Gedung  
Menurut SNI 03-1726-2002 Tabel 1, gedung ini termasuk Gedung Rumah sakit dengan Faktor Keutamaan (I) adalah 1,4.
7. Konfigurasi Struktur Gedung menurut SNI 03-1726-2002 ps.4.2.1.
  - a. Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m yaitu 7 tingkat dengan tinggi 28 m.



Gambar 3.1 Tampak samping kiri

- b. Denah struktur gedung mempunyai coakan sudut dengan panjang sisi coakan tersebut lebih dari 15 % dari ukuran terbesar denah gedung dalam arah tonjolan tersebut.



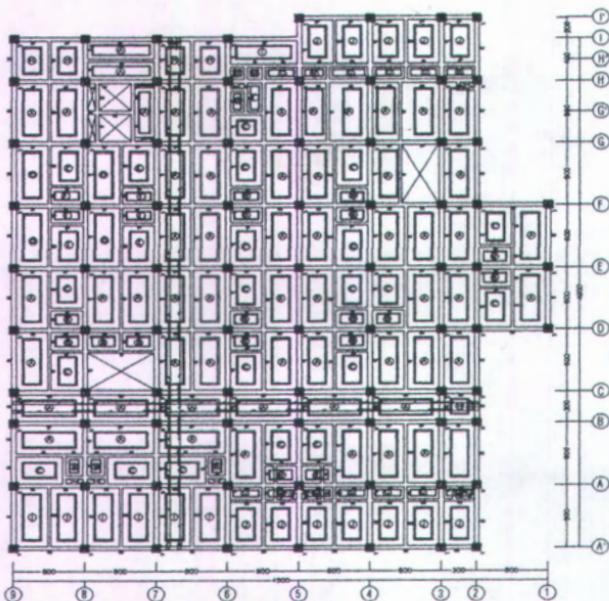
Gambar 3.2 Denah Lantai 3,5,7 dan 8

c. Terdapat loncatan bidang muka.



Gambar 3.3 Tampak depan

- d. Sistem struktur mempunyai berat lantai yang tidak beraturan.



Gambar 3.4 Denah balok, kolom dan pelat lantai 2

- e. Sistem struktur mempunyai unsur-unsur penahan beban lateral yang tidak menerus.

Berdasarkan konfigurasi denah dan elevasi gedung, maka termasuk gedung yang tidak beraturan sehingga pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan dinamik, sehingga analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik menurut SNI 03-1726-2002 pasal 7.

#### 8. Sistem Struktur

Sistem struktur gedung menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen. Karena berada di wilayah gempa 5 maka masuk dalam Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Menurut SNI 03-1726-2002 pasal 5.3, lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan

ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal. Untuk tangga dilakukan perhitungan sendiri dengan perletakan pada tangga diasumsikan sendi-rol. Reaksi beban-beban pada tangga dimasukkan pada model struktur utama yaitu pada balok-balok yang menjadi tumpuan tangga tersebut.

9. Perencanaan Struktur Gedung Dan Analisa Gempa  
Perancangan gedung tidak beraturan, dengan demikian pengaruh gempa rencana harus dianalisis berdasarkan salah satu dari prosedur dinamis (respons spektrum) yang ada pada pasal 7 SNI 03-1726-2002.
10. Syarat Kekakuan Komponen Struktur (Syarat Pemodelan)  
Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Ps.12.11 yaitu momen inersia penampang komponen-komponen struktur utuh ( $I_g$ ) dikalikan dengan suatu presentase efektivitas penampang  $< 1$ .
11. Pengaruh  $P-\Delta$   
SNI 03-2847-2002 Ps.5.7 struktur gedung yang bertingkat lebih dari 10 lantai atau 40 m, harus diperhitungkan terhadap pengaruh  $P-\Delta$ . Perancangan gedung rumah sakit ini tidak lebih dari 10 lantai atau 40 m sehingga tidak ditinjau terhadap pengaruh  $P-\Delta$ .
12. Eksentrisitas Rencana ed  
SNI 03-1726-2002 Ps. 5.4.3 dan Ps.5.4.4 mengatur *ed*. Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai (*e*) harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana *ed*. Bila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan *b*, maka eksentrisitas rencana *ed* harus ditentukan sebagai berikut :
  - Untuk  $0 < e \leq 0,3 b$   
 $ed = 1,5e + 0,05 b$   
atau

- $ed = e - 0,05 b$
- Untuk  $e > 0,3 b$   
 $ed = 1,33 e + 0,1 b$   
 atau  
 $d = 1,17e - 0,01 b$

### 13. Batasan Penyimpangan Lateral

SNI 03-1726-2002 Ps.8 SNI 03-1726-2002 Ps.8

- Kinerja Batas Layan (KBL) struktur gedung yang besarnya dibatasi  $< \frac{0,03}{R} hi$  atau  $< 30 \text{ mm}$
- Kinerja Batas Ultimit (KBU) struktur gedung akibat gempa rencana  $< 0,7 R \times (\text{KBL})$  atau  $< 0,02 h$ . Sesuai dengan pasal 4.3.3 simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat gempa nominal, dikalikan dengan suatu suatu faktor pengali  $\xi$  untuk gedung tidak beraturan

$$\xi = \frac{0,7R}{\text{faktor Skala}}, \text{ dimana faktor skala} = \frac{0,8V_1}{V_t}$$

### 14. Pengaruh Arah Pembebanan Gempa

SNI 03-1726-2002 Ps.5.8.2 pengaruh pembebanan gempa arah utama dianggap efektif 100 % dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi efektivitasnya hanya 30 %.

SNI 03-1726-2002 Ps.7.1.1 analisa beban gempa ditentukan dengan menggunakan beban dinamis (respons spektrum). Untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, paling tidak gerak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi.

SNI 03-1726-2002 Ps. 7.2.1 dalam hal ini jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respon ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga

partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus mencapai sekurang-kurangnya 90 %. Dengan melakukan analisis bebas 3D dapat dilihat, bagaimana kecenderungan perilaku struktur terhadap gempa. Apabila gerak ragam pertama sudah dominan dalam rotasi, hal ini menunjukkan perilaku yang buruk dan sangat tidak nyaman bagi penghuni ketika terjadi gempa. Sistem struktur demikian harus diperbaiki dengan menempatkan unsur-unsur yang lebih kaku pada keliling denah untuk memperbesar kekakuan rotasi (torsi) sistem struktur secara keseluruhan, sehingga gerak ragam pertama menjadi dominan dalam translasi.

#### 15. Kompabilitas Deformasi

SNI 03-1726-2002 Ps.5.2.1 menetapkan bahwa dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsitem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung seperti (portal), dinding geser, kolom, balok, lantai tanpa balok (lantai cendawan) dan kombinasinya, harus diperhitungkan pemikulan pengaruh gempa rencana.

SNI 03-1726-2002 Ps.5.2.2 menetapkan bahwa pengabaian pemikulan pengaruh gempa rencana oleh salah satu atau lebih kolom atau subsistem struktur gedung yang disebut dalam pasal 5.2.1 hanya diperkenankan, bila partisipasi pemikulan pengaruh gempanya adalah kurang dari 10 %. Dalam hal ini, unsur atau subsistem tersebut selain terhadap beban gravitasi, juga harus direncanakan terhadap simpangan struktur akibat pengaruh gempa rencana pada struktur yang berperilaku elastik penuh, yaitu terhadap simpangan sebesar  $R/1,6$  kali simpangan akibat beban gempa nominal ( $\Delta_s$ ) pada struktur gedung tersebut, dimana  $R$  adalah faktor reduksi gempa dari struktur gedung itu dan

1,6 adalah faktor reduksi gempa untuk struktur elastic penuh ( $R=f_1$ ).

#### 16. Integritas Struktur

- Komponen Lentur  
Komponen lentur SRPMK diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 23.3.
- Komponen Terkena Beban Lentur dan Aksial  
Komponen terkena beban lentur dan aksial SRPMK diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 23.4
- Hubungan Balok Kolom (HBK)  
Syarat pendetailan HBK diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 23.5
- Kuat Geser  
Untuk komponen lentur gaya geser rencana diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 23.5.

#### 4) Preliminary Design

- Preliminary design dimensi balok sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Ps.11.5.2
- Dimensi (tebal) plat yang kemudian ditentukan menurut peraturan SNI 03-2847-2002 Ps.11.5.3
- Preliminary design kolom sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Ps. 12.8

#### 5) Pembebanan

Pembebanan pada struktur ini berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002 antara lain:

- Beban Mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang tidak dapat dipisahkan dari gedung tersebut.
- Beban hidup
- Beban angin
- Gempa dinamik sesuai SNI 03 – 1726 – 2002 Ps. 7

- Kombinasi pembebanan sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 11.1
- 6) Analisa Struktur Sekunder
- a. Pelat
    - Preliminary Design  
Perancangan desain pelat terdiri dari pelat satu arah dan pelat dua arah yang mendesainnya hanya menerima beban lentur saja. Menurut SNI 03-2847-2002 Ps. 11.5.3.3 Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2002 Ps. 11.5.3.3
    - Penulangan Pelat  
Dari denah perencanaan pelat lantai telah ditentukan ukuran dan jenis pelat adalah tipikal serta termasuk pelat satu arah.  
Untuk penulangan pelat langkah-langkah adalah sebagai berikut :
      1. Diberikan data data  $d, f_c, f_y$ .
      2. Menetapkan batas harga-harga perbandingan tulangan yang dipilih yaitu  $\rho_{balance}, \rho_{min}, \rho_{maks}$
      3. Menghitung  $A_s$  sesuai  $\rho$  yang dipakai dan memilih tulangan serta jarak tulangan.
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d ; \text{ tul susut} = 0,002 b \cdot d$$
  - b. Tangga  
Pada perencanaan tangga pada struktur menggunakan cor setempat dengan perletakan Sendi-Rol agar struktur tangga tidak mempengaruhi struktur utama terhadap beban gempa. Pada perencanaan struktur tangga ini lebar injakan dan lebar injakan harus memenuhi persyaratan.

Syarat perencanaan tangga :

$$2.t + i = 64 - 67$$

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

- 7) Analisa struktur menggunakan SAP 2000 v.9.03.
- 8) Menginput data pembebanan.
- 9) Perancangan struktur dengan pedoman Standar Nasional Indonesia 2002 dengan ketentuan khusus untuk perencanaan gempa dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
- 10) Penggambaran berdasarkan hasil perhitungan.
- 11) Penyusunan Laporan

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

#### **4.1 Umum**

Struktur sekunder adalah struktur yang dirancang hanya menerima lentur saja dan tidak dirancang untuk menerima gaya lateral akibat gempa, sehingga dalam perhitungan analisanya dapat dihitung secara terpisah dengan struktur utama. Namun demikian struktur sekunder ini tetap mempengaruhi dan menjadi beban bagi struktur utama. Dalam Tugas Akhir ini struktur sekunder yang akan dibahas meliputi :

1. Pelat.  
Pada struktur pelat yang dibahas meliputi pelat atap dan pelat lantai
2. Tangga.
3. Balok Sangkar Lift.
4. Balok anak.
5. Pada perencanaan balok anak meliputi balok anak atap dan balok anak lantai

#### **4.2 Pemodelan Dan Analisa Struktur Pelat**

Peraturan yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Peraturan Pembebatan Indonesia untuk Gedung 1983. Untuk menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971 pasal 13.3 tabel 13.3.1 hal 202).

Perletakan yang digunakan pada perhitungan ini diasumsikan jepit penuh (Wang-Salmon, hal 135, jilid 2) dengan ketentuan sebagai berikut :

- $\alpha_m \leq 0,375$  sebagai tanpa balok tepi.
- $1,875 > \alpha_m \geq 0,375$  sebagai balok tepi yang fleksibel (jepit elastis).
- $\alpha_m \geq 1,875$  sebagai balok tepi yang kaku (jepit penuh).

Perhitungan yang terjadi pada pelat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$M_{tx} = -0,001 * q * L_x^2 * X_x$$

$$M_{bx} = 0,001 * q * L_x^2 * X_x$$

$$M_{ty} = -0,001 * q * L_x^2 * X_y$$

$$M_{by} = 0,001 * q * L_x^2 * X_y$$

### 4.3 Preliminary Design

#### 4.3.1 Perencanaan Dimensi Balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.2.1, maka untuk merencanakan tebal minimum pelat satu arah adalah sebagai berikut :

a) Balok induk memanjang dengan bentang 600 cm

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 600 = 37,5 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk memanjang adalah 40/60 cm

b) Balok induk melintang dengan bentang 600 cm

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 600 = 37,5 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok induk melintang adalah 40/60 cm

c) Balok anak memanjang dengan bentang 600 cm

$$h = \frac{1}{21} \times l = \frac{1}{21} \times 600 = 28,57 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok anak memanjang adalah 25/35 cm

d) Balok anak melintang dengan bentang 600 cm

$$h = \frac{1}{21} \times l = \frac{1}{21} \times 600 = 28,57 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok anak memanjang adalah 25/35 cm

e) Balok kantilever dengan bentang 180 cm

$$h = \frac{1}{8} \times l = \frac{1}{8} \times 200 = 25 \text{ cm, dipakai } 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 35 = 23,33 \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi dimensi balok kantilever adalah 25/35 cm

#### 4.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom

##### Kolom Lantai Tingkat 1 s/d 7

Direncanakan akan memikul balok lantai dengan dimensi:

$b = 40 \text{ cm}$ ;  $h = 60 \text{ cm}$ ;  $L_{\text{balok}} = L_b = 600 \text{ cm}$ .

Tinggi kolom ( $h_c$ ) = 400 cm dan direncanakan kolom dengan

$$I_c = \frac{I_b}{L_b} \times h_c = \frac{364583,33}{600} \times 400 = 243055,56 \text{ cm}^4$$

$$\text{dimensi } b = h \quad I_c = \frac{1}{12} \times h^4 = 243055,56 \text{ cm}^4$$

$$h = 41,33 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$I_c = \frac{1}{12} \times h^4 = 520833,33 \text{ cm}^4 > 151875 \text{ cm}^4 \Rightarrow ok$$

Direncanakan dimensi kolom adalah 75/75 cm



### 4.3.3 Perencanaan Dimensi Sloof

Bentang Sloof = 600 cm (diasumsi Sloof jepit-jepit).

$$E_{\text{Sloof}} = E_{\text{kolom}} \rightarrow 4700 \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$I_{\text{kolom}} = \frac{1}{12} x h^4 = \frac{1}{12} x 75^4 = 520833,33 \text{ cm}^4$$

$$h_{\text{kolom}} = 400 \text{ cm}$$

$$I_{\text{Rib}} = \frac{1}{12} x b x h^3 \rightarrow b = \frac{2}{3} x h = \frac{1}{12} x \left( \frac{2}{3} x h \right) x h^3 = \frac{1}{18} x h^4$$

$$\frac{EI_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} = \frac{EI_{\text{Sloof}}}{L_{\text{Sloof}}}$$

$$\frac{520833,33}{400} = \frac{\frac{1}{18} x h^4}{600}$$

$$h^4 = 14062500 \text{ cm}^4$$

$$h = 61,23 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times 60 = 40 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi Sloof adalah 40/60 cm

Tabel 4.1 Tabel Dimensi Struktur

Type	Bentang (m)	Dimensi (cm)	Keterangan
B1	6	40/60	Bentang ujung memanjang
B2	6	40/60	Bentang dalam memanjang
B3	6	40/60	Bentang ujung melintang
B4	6	40/60	Bentang dalam melintang
B6	6	20/30	Balok anak atap
B7	6	25/35	Balok anak lantai
B8	1,8	30/45	kantilever
B9	6	20/30	Balok anak kantilever
K1	4	75x75	Lantai Tingkat 1 s/d 7
S	6	40/60	

#### **4.4 Dasar Perhitungan Dimensi Plat**

Bila perbandingan bentang panjang ( $L_{ny}$ ) terhadap bentang pendek ( $L_{nx}$ ) kurang daripada 2, permukaan lendutan dari pelat mempunyai kelengkungan ganda, sehingga penulangan pelat dua arah (*Two-way slab*). Penulangan utama pelat dua arah yaitu arah memanjang dan arah memendek. Sebaliknya jika perbandingan bentang panjang ( $L_{ny}$ ) terhadap bentang pendek ( $L_{nx}$ ) lebih besar atau sama dengan 2, maka penulangan pelat satu arah (*One-way slab*). Penulangan utama pelat satu arah yaitu arah memendek dan arah tegak lurus tulangan utama dipasang tulangan susut dan suhu (wang-salmon jilid 2 hal 117).

#### 4.4.1 Plat dua arah (two way slab)

Perhitungan dimensi plat dua arah berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 butir 3) sub butir (3) memberikan persyaratan bagi tebal plat sebagai berikut :

- a. Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan 11.5(3(2)):

Tebal minimum pelat *tanpa balok interior* yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua, harus memenuhi ketentuan tabel 10 SNI 03-2847-2002 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- (a) Pelat tanpa penebalan seperti yang didefinisikan dalam 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)) adalah 120 mm.  
(b) Pelat dengan penebalan seperti yang didefinisikan dalam 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)) adalah 100 mm.

b. Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi

$$h = \frac{\lambda_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad \dots \dots \dots \quad (16)$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

- c. Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\lambda_n \times \left( 0.8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \dots \dots \dots (17)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- d. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan  $\alpha$  tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan persamaan (16) atau persamaan (17) harus dinaikkan paling tidak 10 % pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

dimana :

$\lambda_n$  = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka-ke-muka tumpuan pelat tanpa balok dan muka-ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya, mm.

$f_y$  = Tegangan leleh baja.

$\beta$  = Rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari plat dua arah.

$\alpha_m$  = Nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi dari suatu panel.

#### **4.4.2 Plat satu arah (one way slab)**

Perhitungan dimensi plat satu arah berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5 butir 2) sub butir (1) table 8 dimana tabel tersebut hanya berlaku untuk struktur beton dengan  $f_y$  sebesar 400 MPa. Sedangkan untuk mutu beton dengan harga  $f_y$  selain 400

MPa maka nilainya dikalikan dengan faktor  $\left(0.4 + \frac{f_y}{700}\right)$ .

Harga  $a_m$  diperoleh dari perumusan sebagai berikut :

$$\alpha_m = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{slab} I_{slab}}$$

$$I_{balok} = k \times b_w \times \frac{h^3}{12}$$

$$I_{slab} = b_s \times \frac{t^3}{12}$$

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

Perumusan untuk mencari nilai  $b_e$  pada balok menurut SNI 03-2847-2002 Ps.10.10 :

#### Balok Tengah:

Nilai  $b_e$  diambil yang terkecil dari:

$$b_e = (1/4) \times L_b$$

$$b_e = b_w + 0,5 (L_{nb} - b_w)$$

$$b_e = b_w + (8.t)$$

#### Balok Tepi :

Nilai  $b_e$  diambil yang terkecil dari:

$$b_e = (1/12) \times L_b$$

$$b_e = b_w + 0,5 (L_{nb} - b_w)$$

$$b_e = b_w + (6.t)$$

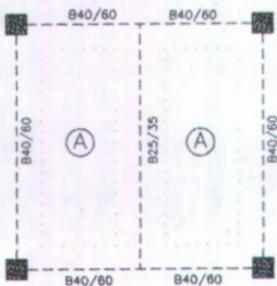
Dimana :

$L_b$  = bentang balok

$L_{nb}$  = setengah jarak bersih balok-balok yang bersebelahan

#### 4.5 Perhitungan Ketebalan Pelat

Diambil contoh perhitungan untuk pelat lantai type A



Gambar 4.1 Pelat Type A

$$L_{ny} = 600 - \left( \frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 560 \text{ cm}$$

$$L_{nx} = 300 - \left( \frac{40}{2} + \frac{25}{2} \right) = 267,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{560}{267,5} = 2,1, \text{ Pelat satu arah (one way slab)}$$

Perencanaan pelat Type A :

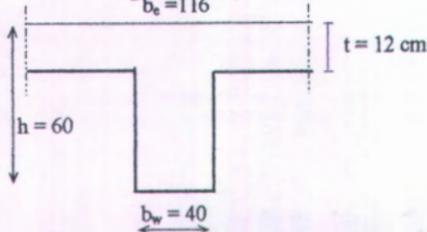
Tebal ( $t$ ) = 12 cm

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

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

Harga  $\alpha_m$  diperoleh dari perumusan sebagai berikut :

- A. Balok Tengah kiri (40/60)



$$b_{el} = b_w + 2(h - t) = 40 + 2(50 - 12) = 116 \text{ cm (menentukan)}$$

$$b_{e2} = b_w + (8 \times t) = 40 + (8 \times 12) = 136 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{60} \right) + 4 \left( \frac{12}{60} \right)^2 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) * \left( \frac{12}{60} \right)}$$

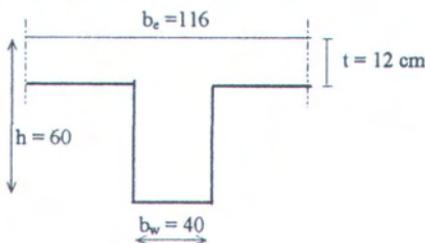
$$= 1,54$$

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12} = 1,54 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1.111.604,87 \text{ cm}^4$$

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12} = (150+150) \times \frac{12^3}{12} = 43.200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_l = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1.111.604,87}{43.200} = 25,73$$

### B. Balok Tengah Atas (40/60)



$$b_{e1} = b_w + 2(h - t) = 40 + 2(50 - 12) = 116 \text{ cm} \text{ (menentukan)}$$

$$b_{e2} = b_w + (8 \times t) = 40 + (8 \times 12) = 136 \text{ cm}$$

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

$$= \frac{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{60} \right) + 4 \left( \frac{12}{60} \right)^2 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) * \left( \frac{12}{60} \right)}$$

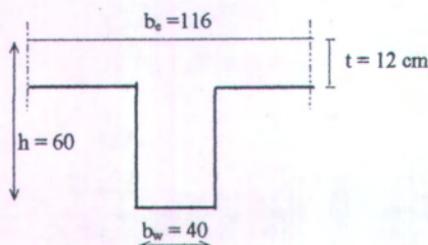
$$= 1,54$$

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12} = 1,54 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1.111.604,87 \text{ cm}^4$$

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12} = (300+300) \times \frac{12^3}{12} = 86.400 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{1.111.604,87}{86.400} = 12,87$$

### C. Balok Tengah bawah (40/60)



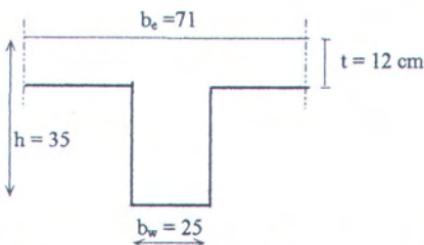
$$b_{e1} = b_w + 2(h - t) = 40 + 2(50 - 12) = 116 \text{ cm} \text{ (menentukan)}$$

$$b_{e2} = b_w + (8 \times t) = 40 + (8 \times 12) = 136 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{t}{h} \right) + 4 \left( \frac{t}{h} \right)^2 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right)} \\
 &= \frac{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{60} \right) + 4 \left( \frac{12}{60} \right)^2 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) \left( \frac{12}{60} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{116}{40} - 1 \right) * \left( \frac{12}{60} \right)} \\
 &= 1,54
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_b &= k \times b_w \times \frac{h^3}{12} = 1,54 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 1.111.604,87 \text{ cm}^4 \\
 I_s &= b_s \times \frac{t^3}{12} = (300+300) \times \frac{12^3}{12} = 86.400 \text{ cm}^4 \\
 \alpha_3 &= \frac{I_b}{I_s} = \frac{1.111.604,87}{86.400} = 12,87
 \end{aligned}$$

#### D. Balok Tengah Kanan (25/35)



$$\begin{aligned}
 b_{e1} &= b_w + 2(h - t) = 25 + 2(35 - 12) = 71 \text{ cm} \text{ (menentukan)} \\
 b_{e2} &= b_w + (8 \times t) = 25 + (8 \times 12) = 121 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 k &= \frac{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{t}{h} \right) + 4 \left( \frac{t}{h} \right)^2 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{b_e}{b_w} - 1 \right) \left( \frac{t}{h} \right)} \\
 &= \frac{1 + \left( \frac{71}{25} - 1 \right) \left( \frac{12}{35} \right) \left[ 4 - 6 \left( \frac{12}{35} \right) + 4 \left( \frac{12}{35} \right)^2 + \left( \frac{71}{25} - 1 \right) \left( \frac{12}{35} \right)^3 \right]}{1 + \left( \frac{71}{25} - 1 \right) * \left( \frac{12}{35} \right)} \\
 &= 1,58
 \end{aligned}$$

$$I_b = k \times b_w \times \frac{h^3}{12} = 1,58 \times 40 \times \frac{60^3}{12} = 140.709,88 \text{ cm}^4$$

$$I_s = b_s \times \frac{t^3}{12} = (150+150) \times \frac{12^3}{12} = 43.200 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_s} = \frac{140.709,88}{43.200} = 3,26$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{25,73 + 12,87 + 12,87 + 3,26}{4} = 13,88$$

Pada SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5 .3.3.3(c) : untuk  $\alpha_m$  yang lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum adalah :

$$t_{\min} \geq \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

dimana :

$f_y$  = panjang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke-muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka-ke-muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya,mm.

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

$$t_{\min} \geq 90 \text{ mm}$$

$$t_{\min 1} \geq \frac{l_n \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$\geq \frac{270 \left( 0,8 + \frac{400}{1500} \right)}{36 + (9 \times 2,1)} = \frac{288}{54,9} = 5,24 \text{ cm} \approx 55 \text{ mm}$$

$$t_{\min 2} \geq 90 \text{ mm}$$

Kesimpulan :

karena  $\alpha_m$  yang lebih besar dari 2, maka dipakai tebal plat  $t = 120$  mm untuk plat lantai, 150 mm untuk atap ruang radiologi dan 100 mm untuk pelat atap.

#### 4.6 Pembebanan Pelat

Beban-beban yang bekerja pada pelat disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

a. Pelat lantai 1 s/d 7 (ruang pasien)

Beban Mati :

Berat sendiri ( $t=12 \text{ cm}$ )	$= 0,12 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
Penggantung langit-langit (kayu)	$= 7 \text{ kg/m}^2$	
Plafond eternit (4mm)	$= 11 \text{ kg/m}^2$	
Plumbing + ducting AC	$= 25 \text{ kg/m}^2$	
Tegel (1 cm) $= 1 \times 24 \text{ Kg/m}^2$	$= 24 \text{ kg/m}^2$	
Spesi (1 cm) $= 1 \times 21 \text{ kg/m}^2$	$= 21 \text{ kg/m}^2$	
		<hr/>
		$q_{DL} = 376 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

$$\text{Beban Hidup untuk } q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$q_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

$$= (1,2 \times 376) + (1,6 \times 250)$$

$$= 851,2 \text{ kg/m}^2$$

b. Pelat lantai 1 s/d 7 (koridor)

Beban Mati :

Berat sendiri (t=12 cm) = 0,12 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (kayu)	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Plafond eternit (4mm)	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing + ducting AC	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Tegel (1 cm) = 1 x 24 Kg/m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1cm) = 1 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 21 kg/m <sup>2</sup>
	q <sub>DL</sub> = 376 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup :

$$\text{Beban Hidup untuk } q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 376) + (1,6 \times 300) \\ &= 931,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

c. Pelat lantai 1 s/d 7 (ruang operasi, laboratorium)

Beban Mati :

Berat sendiri (t=12 cm) = 0,12 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 288 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (kayu)	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Plafond eternit (4mm)	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing + ducting AC	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Tegel (1 cm) = 1 x 24 Kg/m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1 cm) = 1 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 21 kg/m <sup>2</sup>
	q <sub>DL</sub> = 376 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup :

$$\text{Beban Hidup untuk } q_{LL} = 287 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 376) + (1,6 \times 287) \\ &= 910,4 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

d. Pelat atap (atap ruang radiologi)

Beban Mati :

Berat sendiri (t=12 cm) = 0,15 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 360 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (kayu)	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Plafond eternit (4mm)	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing + ducting AC	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Tegel (1 cm) = 1 x 24 Kg/m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1 cm) = 1 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 21 kg/m <sup>2</sup>
	q <sub>DL</sub> = 448 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup :

$$\text{Beban Hidup untuk } q_{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 448) + (1,6 \times 250) \\ &= 937,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

e. Pelat atap

Beban Mati :

Berat sendiri (t=10 cm) = 0,10 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 240 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (kayu)	= 7 kg/m <sup>2</sup>
Plafond eternit (4mm)	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Plumbing + ducting AC	= 25 kg/m <sup>2</sup>
Aspal (1 cm) = 1 x 14 Kg/m <sup>2</sup>	= 14 kg/m <sup>2</sup>
Spesi (1 cm) = 1 x 21 kg/m <sup>2</sup>	= 21 kg/m <sup>2</sup>
	q <sub>DL</sub> = 318 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup :

$$\text{Beban Hidup untuk atap } q_{LL} = 100 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 318) + (1,6 \times 100) \\ &= 541,6 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.7 Penulangan Pelat

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{(SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{balance} \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)}$$

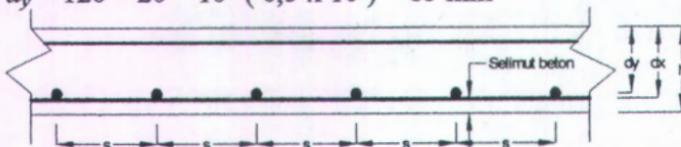
$$= 0,75 * 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

##### 4.7.1 Penulangan Pelat Lantai

Data-data perencanaan untuk penulangan pelat lantai type A (ruang pasien):

- Dimensi pelat  $6 \times 3 \text{ m}^2$
- Tebal pelat 120 mm
- Tebal decking 20 mm (SNI 03-2847-2002 pasal 9.7(1(c))
- Diameter tulangan rencana  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- Mutu beton  $f'_c = 30 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_l = 0,85$  (SNI 03-2847-2002 pasal 12.2(7(3)))
- $d_x = 120 - 20 - (0,5 \times 10) = 95 \text{ mm}$
- $d_y = 120 - 20 - 10 - (0,5 \times 10) = 85 \text{ mm}$



$$\frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{560}{267,5} = 2,1, \text{ maka penulangan satu arah (Arah memendek).}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.2 didapat persamaan momen :

$$q_u = 851,2 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien untuk Mlx & Mtx (X) = 83

Koefisien untuk Mly & Mty ( $X$ ) = 57

- Besar momen yang terjadi :

$$M_{lx} \text{ & } M_{ix} = 0,001 \times 851,2 \times 10^4 \times 2,675^2 \times 83 \\ = 5.055.542,04 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} \text{ & } M_{ly} = 0,001 \times 851,2 \times 10^4 \times 2,675^2 \times 57 \\ = 3\,471\,794,76 \text{ Nmm}$$

## **Penulangan Arah X**

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} = \frac{5.055.542,04}{0.8} = 6.319.428,03 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{6.319.428,03}{1000 \times 95^2} = 0,7 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2x15,69x0,7}{400}} \right)$$

$$= 0,00178 < \rho_{\min}$$

$$A_s = \rho x b x d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 95$$

$$= 332,5 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 10–200 mm (As pasang = 392,50 mm<sup>2</sup>)

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)

Smax  $\leq$  3 x h

$$\leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang = 200 mm  $\leq$  360 mm ..... OK!

- Kontrol tulangan susut dan suhu (SNI-03-2847-2002 ps 9.12)

$$As \text{ tulangan susut} = 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 \\ = 216 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 8–200 mm (As pasang = 251,20 mm<sup>2</sup>)

$$S_{max} \leq 5 \times h$$

$$\leq 5 \times 120 = 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang = 300 mm ≤ 450 mm ..... OK!

- Kontrol kekuatan

Kuat momen terpasang ( $\phi M_n$ )

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{392,50 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,16$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \times 392,5 \times 400 \left( 95 - \frac{6,16}{2} \right) \\ = 11.545.152 \text{ Nmm} > 5.150.355,84 \text{ Nmm}$$

### Penulangan Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{3.471.794,45}{0,8} = 4.339.743,45 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4.339.743,45}{1000 \times 85^2} = 0,6 \text{ Mpa}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,60}{400}} \right)$$

$$= 0,00152 < \rho_{min}$$

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 85$$

$$= 297,5 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 10–200 mm (As pasang = 392,50 mm<sup>2</sup>)

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)

$$S_{max} \leq 3 \times h$$

$$\leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang = 200 mm ≤ 360 mm ..... OK!

- Kontrol tulangan susut dan suhu (SNI-03-2847-2002 ps 9.12)

$$\text{As tulangan susut} = 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 \\ = 216 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 8–200 mm (As pasang = 251,20 mm<sup>2</sup>)

$$S_{\max} < 5 \times h$$

$$< 5 \times 120 = 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang = 300 mm < 450 mm ..... OK!

- Kontrol Retak (SNI-03-2847-2002 ps 12.6)

Bila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai  $z$  yang diberikan oleh:

$$z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps. 12.6.4.24})$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang di dalam ruangan.  
dimana:

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, dapat dicari  $0.6 \cdot f_u = 0.6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$d_2 = 20 + 10 + 5 = 35 \text{ mm}$$

A = luas efektif beton tarik di sekitar lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan tersebut dibagi jumlah batang tulangan

$$A = \frac{2 \times d_c \times b}{n}; n = \text{jumlah batang tulangan per lebar balok.}$$

$$= \frac{2 \times 35 \times 400}{5}$$

$$= 5600 \text{ mm}^2$$

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c A}$$

$$= 240 \times \sqrt[3]{35 \times 5600} = 13.941,09 \text{ N/mm}$$

= 13,94 < 30 MN/m.....OK!

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A}$$

dimana :

$$\omega = \text{lebar retak dalam mm} \times 10^{-6}$$

$$\beta = 0,8$$

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \times 10^{-6} \times 0,8 \times 13,94 \times 10^3 \\ &= 0,12 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan.

Selain itu, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned}s &= \frac{95000}{f_s} - 2,5 c_c \quad (\text{SNI } 03 - 2847 - 2002 \text{ Ps. 12.6.4.26}) \\ &= \frac{95000}{240} - 2,5 \cdot 20 \\ &= 345,83 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}&= 300 \times \left( \frac{252}{f_s} \right) \\ &= 300 \times \left( \frac{252}{240} \right) \\ &= 315 \text{ mm} \dots\dots\dots(\text{ok})\end{aligned}$$

Spasang = 200 mm < 315 mm .....OK!

- Kontrol kekuatan

Kuat momen terpasang ( $\phi.M_n$ )

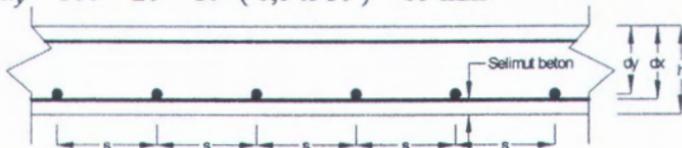
$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f' c \cdot b} = \frac{392,50 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 6,16$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= \phi \cdot As \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 392,5 \cdot 400 \left( 85 - \frac{6,16}{2} \right) \\ &= 10.289.152 \text{ Nmm} > 3.536.991,36 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

#### 4.7.2 Penulangan Pelat Atap

Data-data perencanaan untuk penulangan pelat atap type A :

- Dimensi pelat  $6 \times 3 \text{ m}^2$
- Tebal pelat 100 mm
- Tebal decking 20 mm (SNI 03-2847-2002 pasal 9.7(1(c)))
- Diameter tulangan rencana  $\varnothing 10 \text{ mm}$
- Mutu tulangan  $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- Mutu beton  $f_c = 30 \text{ Mpa}$ ,  $\beta_l = 0,85$  (SNI 03-2847-2002 pasal 12.2(7(3)))
- $d_x = 100 - 20 - (0,5 \times 10) = 75 \text{ mm}$   
 $d_y = 100 - 20 - 10 - (0,5 \times 10) = 65 \text{ mm}$



$$\frac{L_{ny}}{L_{nx}} = \frac{560}{267,5} = 2,1, \text{ maka penulangan satu arah (Arah memendek).}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.2 didapat persamaan momen :

$$q_u = 541,6 \text{ kg/m}^2$$

Koefisien untuk  $M_{lx}$  &  $M_{tx}$  (X) = 83

Koefisien untuk  $M_{ly}$  &  $M_{ty}$  (X) = 57

- Besar momen yang terjadi :

$$M_{tx} \text{ & } M_{lx} = 0,001 \times 541,2 \times 10^4 \times 2,675^2 \times 83 \\ = 3.214.278,13 \text{ Nmm}$$

$$M_{ty} \text{ & } M_{ly} = 0,001 \times 541,2 \times 10^4 \times 2,675^2 \times 57 \\ = 2.207.395,82 \text{ Nmm}$$

#### Penulangan Arah X

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{3.214.278,13}{0,8} = 4.017.847,66 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{4.017.847,66}{1000 \times 75^2} = 0,7 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,7}{400}} \right) = 0,00178 < \rho_{\min}$$

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 75$$

$$= 262,5 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan  $\varnothing 10-300 \text{ mm}$  (As pasang =  $261,80 \text{ mm}^2$ )

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)
 
$$S_{\max} \leq 3 \times h$$

$$\leq 3 \times 100 = 300 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang =  $200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$  ..... OK!

- Kontrol tulangan susut dan suhu (SNI-03-2847-2002 ps 9.12)
 
$$As_{\text{tulangan susut}} = 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 100$$

$$= 180 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan  $\varnothing 8-250 \text{ mm}$  (As pasang =  $200,96 \text{ mm}^2$ )

$$S_{\max} \leq 5 \times h$$

$$\leq 5 \times 100 = 500 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang =  $250 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$  ..... OK!

- Kontrol kekuatan  
Kuat momen terpasang ( $\phi M_n$ )

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{261,80 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 4,36$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \times 261,80 \times 400 \left( 75 - \frac{4,36}{2} \right)$$

$$= 6.100.568,32 \text{ Nmm} > 3.214.278,13 \text{ Nmm}$$

### Penulangan Arah Y

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} = \frac{2.207.395,82}{0,8} = 2.759.244,78 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b * d^2} = \frac{2.759.244,78}{1000 * 65^2} = 0,65 \text{ MPa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,65}{400}} \right) = 0,00165 < \rho_{\min}$$

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

$$= 0,0035 \times 1000 \times 65$$

$$= 227,5 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 10–300 mm (As pasang = 261,80 mm<sup>2</sup>)

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)
  $\begin{aligned} S_{\max} &\leq 3 \times h \\ &\leq 3 \times 100 = 300 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$ 
 Spasang = 300 mm ≤ 300 mm ..... OK!
- Kontrol tulangan susut dan suhu (SNI-03-2847-2002 ps 9.12)
  $\begin{aligned} As_{\text{tulangan susut}} &= 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 100 \\ &= 180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$

Dipasang tulangan Ø 8–250 mm (As pasang = 200,96 mm<sup>2</sup>)

- $\begin{aligned} S_{\max} &\leq 5 \times h \\ &\leq 5 \times 100 = 500 \text{ mm atau } 450 \text{ mm} \end{aligned}$ 
 Spasang = 250 mm ≤ 450 mm ..... OK!
- Kontrol Retak (SNI-03-2847-2002 ps 12.6)

Bila tegangan leleh  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai z yang diberikan oleh:

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c A} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps. 12.6.4.24})$$

Tidak melebihi 25 MN/m untuk penampang yang dipengaruhi cuaca dari luar.

**dimana:**

$f_s$  = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, dapat diambil 0,6  $f_y = 0,6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$d_c = 20 + 10 + 5 = 35 \text{ mm}$$

A = luas efektif beton tarik di sekitar lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan tersebut dibagi jumlah batang tulangan

$$A = \frac{2 \times d_c \times b}{n}; n = \text{jumlah batang tulangan per lebar balok.}$$

$$= \frac{2 \times 35 \times 400}{3}$$

$$= 9333,33 \text{ mm}^2$$

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c A}$$

$$= 240 \times \sqrt[3]{35 \times 9333,33} = 16.528,98 \text{ N/mm}$$

= 16,53 < 25 MN/m.....OK!

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A}$$

dimana :

$\omega$  = lebar retak dalam mm  $\times 10^{-6}$

$$\beta = 0,8$$

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times 0,8 \times 16,53 \times 10^3$$

$$= 0,14 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Selain itu, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{95000}{f_s} - 2,5 c_c \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ Ps. 12.6.4.26}) \\
 &= \frac{95000}{240} - 2,5 \cdot 20 \\
 &= 345,83 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}
 &= 300 \times \left( \frac{252}{f_s} \right) \\
 &= 300 \times \left( \frac{252}{240} \right) \\
 &= 315 \text{ mm .....(ok)}
 \end{aligned}$$

Spasang = 300 mm < 315 mm.....OK!

- Kontrol kekuatan

Kuat momen terpasang ( $\phi.Mn$ )

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f' c \cdot b} = \frac{261,80 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 4,11$$

$$\begin{aligned}
 \phi.Mn &= \phi \cdot As \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 261,80 \cdot 400 \left( 65 - \frac{4,11}{2} \right) \\
 &= 5.273.419,95 \text{ Nmm} > 2.207.395,82 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

## 4.8 Desain Tangga

### 4.8.1 Perencanaan Tangga (As 7-8, C) dan (As 3,F-G)

Syarat perencanaan injakan dan tanjakan tangga serta kemiringan tangga sebagai berikut :

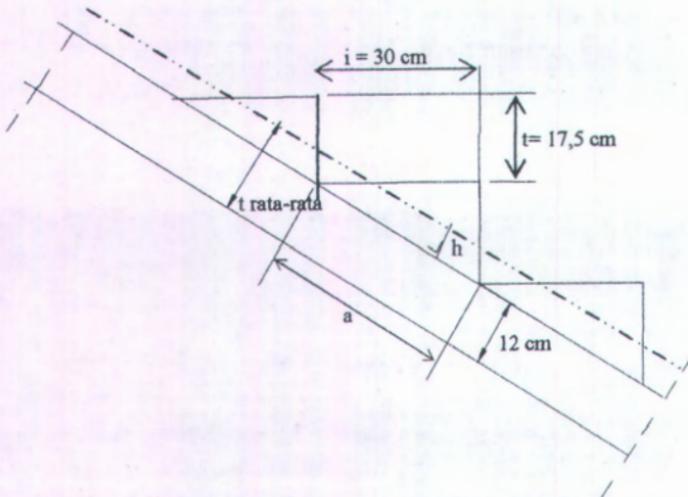
$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$\text{Direncanakan tinggi tanjakan (t)} = 17,5 \text{ cm}$$

$$\text{maka } (2 \cdot 17,5 \text{ cm}) + i = 65 \text{ cm sehingga injakan (i)} = 30 \text{ cm.}$$

- Mutu beton = 30 Mpa
- Mutu baja tulangan = 400 Mpa
- Jumlah tanjakan (nt) =  $200 \text{ cm} / 17,5 \text{ cm} = 11 \text{ buah}$
- Sisanya =  $200 - (17,5 \times 11) = 7,5 \text{ cm}$
- Jumlah seluruhnya = 12 buah

- Jumlah injakan ( $n_i$ ) =  $nt - 1 = 12 - 1 = 11$  buah
- Tebal bordes = 12 cm
- Sudut tangga ( $\alpha$ ) =  $\text{arc tan}(200 / 330) = 31,22^\circ$
- Tebal pelat tangga = 12 cm
- Tebal rata-rata



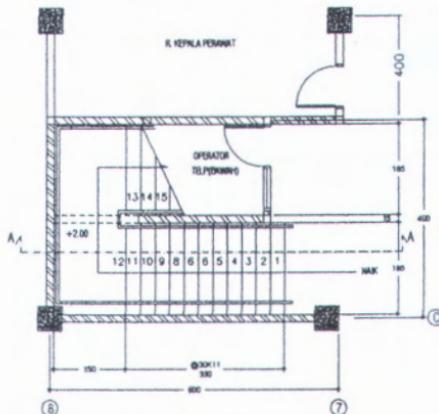
Gambar 4.2 Penampang Tangga

$$\text{Panjang miring anak tangga (a)} = \sqrt{175^2 + 300^2} = 347,31 \text{ mm}$$

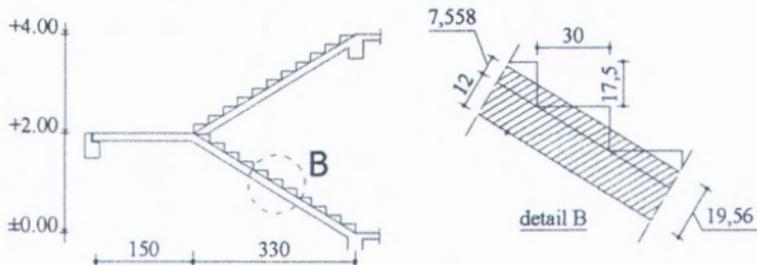
$$\frac{1}{2} \times i \times t = a \times h$$

$$h = \frac{ixt}{2.a} = \frac{300 \times 175}{2 \times 347,31} = 75,58 \text{ mm}$$

- Tebal efektif pelat tangga ( $t_{\text{eff}}$ ) =  $120 \text{ mm} + 75,58$   
= 195,58 mm



Gambar 4.3 Denah Tangga As 7-8,C



Gambar 4.4 Skema Tangga

#### 4.8.2 Pembebanan

##### 4.8.2.1 Pembebanan Tangga

###### a. Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{- Pelat tangga} &= (0,19558 \times 2400 \text{ kg/m}^3) / \cos 31,22^\circ = 548,88 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- Spesi (t = 2 cm)} &= 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 &= 42,00 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{- Keramik (t = 1 cm)} &= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 &= 24,00 \text{ kg/m}^2 \\
 q_{DL} &= 614,88 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

###### b. Beban Hidup

$$\text{- Beban Hidup} \qquad \qquad \qquad q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Kombinasi pembebaran yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1):

$$q_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

$$= (1,2 \times 614,88) + (1,6 \times 300) = 1217,856 \text{ kg/m}^2$$

#### 4.8.2.2 Pembebanan Bordes

a) Beban Mati

- Pelat bordes	$= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$	$= 288 \text{ kg/m}^2$
- Spesi ( $t = 2 \text{ cm}$ )	$= 2 \times 21 \text{ kg/m}^2$	$= 42 \text{ kg/m}^2$
- Keramik ( $t = 2 \text{ cm}$ )	$= 1 \times 24 \text{ kg/m}^2$	$= 24 \text{ kg/m}^2$
		$q_{DL} = 354 \text{ kg/m}^2$

b) Beban Hidup

- Beban Hidup  $q_{LL} = 300 \text{ kg/m}^2$

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.1(1) :

$$q_u = 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL}$$

$$= (1,2 \times 354) + (1,6 \times 300)$$

$$= 904,8 \text{ kg/m}^2$$

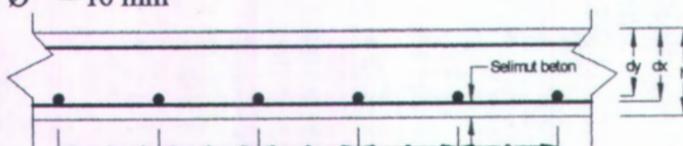
#### 4.8.3 Analisa Struktur Tangga

Proses analisa struktur tangga ini, menggunakan program bantu SAP 2000 secara 3 Dimensi. Untuk perletakan tangga menggunakan sendi-rol. Selanjutnya reaksi dari perletakan tangga dimasukkan sebagai beban pada struktur utama.

#### 4.8.4 Penulangan Tangga

Data perencanaan :

- $f'_c = 30 \text{ Mpa}$
- $f_y = 400 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 16 \text{ mm}$



$$d_x = 120 - 20 - (16/2) = 92 \text{ mm}$$

$$d_y = 120 - 20 - 16 - (16/2) = 76 \text{ mm}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\begin{aligned}\rho_{bal} &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{(SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)} \\ &= 0,75 * 0,0325 = 0,0244\end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

#### 4.8.4.1 Penulangan Pelat Tangga

##### Penulangan Arah X

$$M_u = 3572,91 \text{ kg.m (Sheel 21)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3572,91 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 5,28 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 15,69 * 5,28}{400}} \right) \\ &= 0,01495 > \rho_{\min}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,01495 \times 1000 \times 92 \\ &= 1375,4 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan Ø 16–140 mm (As pasang = 1435,43 mm<sup>2</sup>)

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)  
Smax ≤ 3 × h



$<3 \times 120 = 360$  mm atau  $450$  mm

Spasang = 140 mm  $\leq$  360 mm ..... OK!

- #### ▪ Kontrol kekuatan

Kuat momen terpasang ( $\phi.Mn$ )

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{2009,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31,52$$

$$\phi M_n = \phi A_S \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 2009,6 \cdot 400 \left( 92 - \frac{31,52}{2} \right)$$

= 49.027.809,28 N/mm > 44.400.000 N/mm .....OK!

### **Penulangan Arah Y**

Karena  $L_y/L_x > 2$  (one way slab), maka untuk penulangan dengan arah y di pasang tulangan susut dimana tulangan susut yang dipasang sebesar :

$$As \text{ tulangan susut} = 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 \\ = 216 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan Ø 10–300 mm (As pasang = 261,67 mm<sup>2</sup>)

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 9.12.2)(2)

$$S_{max} \leq 5 \times h$$

$$\leq 5 \times 120 = 600 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Spasang = 300 mm ≤ 360 mm ..... OK!

#### 4.8.4.2 Penulangan Pelat Bordes

## Penulangan Arah X

$M_u = 2167,68 \text{ kg.m}$  (Shell 50)

$$R_n = \frac{M_n}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2167,68 \times 10^4}{0,8 \times 1000 \times 92^2} = 3,2 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 15,69 * 3,2}{400}} \right)$$

$$= 0.00858 > \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned} As &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00858 \times 1000 \times 92 \\ &= 789,36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan  $\varnothing 16$ – $140$  mm (As pasang =  $1435,43 \text{ mm}^2$ )

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 12.5.4)  
 $S_{\max} \leq 3 \times h$   
 $\leq 3 \times 120 = 360 \text{ mm}$  atau  $450 \text{ mm}$

Spasang =  $140 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm}$  ..... OK!

- Kontrol kekuatan

Kuat momen terpasang ( $\phi M_n$ )

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{2009,6 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 1000} = 31,52$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 2009,6 \cdot 400 \left( 92 - \frac{31,52}{2} \right)$$

$$= 49.027.809,28 \text{ N.mm} > 21.632.700 \text{ N.mm} \dots \text{OK!}$$

### Penulangan Arah Y

Karena  $L_y/L_x > 2$  (one way slab), maka untuk penulangan dengan arah y di pasang tulangan susut dimana tulangan susut yang dipasang sebesar :

$$\begin{aligned} \text{As tulangan susut} &= 0,0018 \times b \times h = 0,002 \times 1000 \times 120 \\ &= 216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan  $\varnothing 10$ – $300$  mm (As pasang =  $261,67 \text{ mm}^2$ )

- Kontrol jarak spasi tulangan (SNI-03-2847-2002 ps 9.12.2)(2)

$$S_{\max} \leq 5 \times h$$

$$\leq 5 \times 120 = 600 \text{ mm}$$
 atau  $450 \text{ mm}$

Spasang =  $300 \text{ mm} \leq 360 \text{ mm}$  ..... OK!

## 4.9 Perhitungan Penulangan Balok Bordes

### 4.9.1 Perencanaan Dimensi Balok Bordes

$$h = \frac{600}{16} = 37,5 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$1,5 \leq \frac{40}{b} \leq 2 \rightarrow b = 30 \text{ cm}, \text{ dipakai balok bordes } 30/40$$

#### 4.9.2 Pembebatan Balok Bordes

Beban yang bekerja adalah

##### Beban mati Merata

$$\text{Beban dinding } 1/2 \text{ bata} = 2 \times 250 = 500 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = (0,30 \times 0,40) \times 2400 = 288 \text{ kg/m} + \\ q_d = 788 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban pelat bordes (gaya aksial SAP tangga)} = 2760,05 \text{ kg/m}$$

$$q_{u \text{ total}} = (1,2 \times q_d) + 2760,05 = (1,2 \times 788) + 2760,05 \\ = 3705,65 \text{ kg/m}$$

Momen yang bekerja :

$$M_{\text{tump}} = \frac{1}{12} \times qu \times L^2 = \frac{1}{12} \times 3705,65 \times 6^2 = 11116,95 \text{ kgm}$$

$$M_{\text{lap}} = \frac{1}{24} \times qu \times L^2 = \frac{1}{24} \times 3705,65 \times 6^2 = 5558,475 \text{ kgm}$$

Gaya geser yang terjadi :

$$V_{u \text{ total}} = \frac{1}{2} \times 3705,65 \times 6 = 11116,95 \text{ kg}$$

#### 4.9.3 Penulangan Lentur Balok Bordes

Data Perencanaan :

- $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Dia.Tul utama = D16
- Dia.Tul sengkang = Ø 8
- $d = 400 - 40 - 8 - (16/2) = 340 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \text{ (SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)} \\ = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0325 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \quad \dots \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)} \\
 &= 0,75 * 0,0325 = 0,0244 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69
 \end{aligned}$$

### Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = 11116,95 \text{ kg.m} = 111169500 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{111169500}{0,8} = 138961875 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{138961875}{300 \times 340^2} = 4,00 \text{ Mpa}$$

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

$$\rho = \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 4,00}{400}} \right) = 0,01086 > \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sperlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,01086 \times 300 \times 340 = 1117,89 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 6 D16 ( $A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1205,76 = 602,88 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 3 D16 ( $A_s' = 602,88 \text{ mm}^2$ )

### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$4 \times \text{D16} : 4 \times 16 = 64 \text{ mm}$$

$$3 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 3 \times 25 = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 239 \text{ mm}$$

Lebar balok bordes 300 mm ternyata cukup memadai.

### **Penulangan Daerah Lapangan**

$$M_u = 5558,475 \text{ kg.m} = 55584750 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{55584750}{0,8} = 55584750 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{55584750}{300 \times 340^2} = 1,60 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,60}{400}} \right)$$

$$= 0,00414 > \rho_{min}$$

$$A_{sperlu} = p.b.d$$

$$= 0,00414 \times 300 \times 340 = 422,44 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 3 D16 (As = 602,88 mm<sup>2</sup>)

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 422,44 = 211,22 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 (A<sub>s'</sub> = 401,92 mm<sup>2</sup>)

#### **Periksa Lebar Balok**

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{sengkang} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$3 \times \text{D16} : 3 \times 16 = 48 \text{ mm}$$

$$2 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 2 \times 25 = 50 \text{ mm}$$

Total = 198 mm

Lebar balok bordes 300 mm ternyata cukup memadai.

#### 4.9.4 Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u = 11.116,95 \text{ kg} = 111.169,5 \text{ N}$$

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

$$d = 400-40-8-(0,5 \times 16) = 340 \text{ mm}$$

- $V_c = (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$   
 $= (1/6) \times \sqrt{30} \times 300 \times 340 = 93.112,83 \text{ N}$

- $\phi V_c = 0,6 \times 93.112,83 \text{ N}$   
 $= 55.867,70 \text{ N}$

- $\phi V_{s\ min} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 300 \times 340 = 20.400 \text{ N}$

Karena  $\phi V_c < V_u \leq (\phi V_c + \phi V_{s\ min})$ , dalam SNI 03-2847-2002

Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$V_{s\ perlu} = V_{s\ min} = \frac{20.400}{0,6} = 34.000 \text{ N}$$

$$Av = 2 \phi 8 = 100,53 \text{ mm}^{21}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{100,53 \times 400 \times 340}{34.000} = 402,12 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/2 = 340/2 = 170 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$

Pasang Ø8– 150 mm

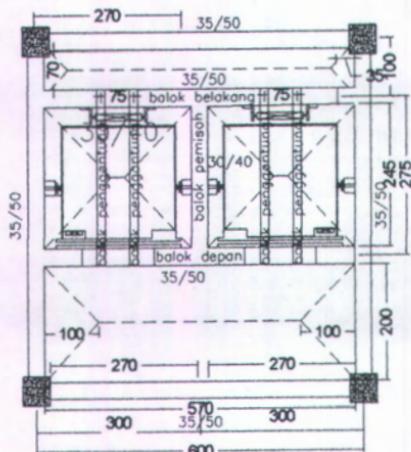
#### 4.10 Perencanaan Lift

##### 4.10.1 Data Perencanaan

Pada perencanaan lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh LG Industrial System Co, Ltd dengan data – data sebagai berikut :

- Tipe Lift : Duplex
- Merk : LG
- Kapasitas : 24 orang ( 1600 kg )
- Kecepatan : 60 m/menit

- Lebar pintu ( opening width ) : 1100 mm
  - Dimensi sangkar ( car size )
    - Outside :  $2090 \times 1935 \text{ mm}^2$
    - Inside :  $2000 \times 1750 \text{ mm}^2$
  - Dimensi ruang luncur ( Hoistway )
    - Duplex :  $5350 \times 2450 \text{ mm}^2$
  - Dimensi ruang mesin ( Duplex ) :  $5700 \times 4250 \text{ mm}^2$
  - Beban reaksi ruang mesin
- $R_1 = 10200 \text{ kg}$
- $R_2 = 7000 \text{ kg}$



Gambar 4.5 Denah Balok Sangkar lift

Perencanaan dimensi balok sangkar lift :

1. Balok pemisah sangkar :

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 600 = 37,5 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi balok 30/40 cm

2. Balok penumpu depan dan belakang :

$$h = \frac{1}{16} \times l = \frac{1}{16} \times 600 = 37,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times h = \frac{2}{3} \times 50 = 33,3 \text{ cm}$$

Direncanakan dimensi balok 35/50 cm

#### 4.10.2 Balok Pemisah Sangkar (30/40)

##### 4.10.2.1 Pembebaan

Beban mati pelat ( $q$ ) =  $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup pelat ruang mesin ( $q$ ) =  $400 \text{ kg/m}^2$

##### Berat Mati Merata

Berat Sendiri =  $0,3 \times 0,4 \times 2400 \times 2,75 = 792 \text{ kg/m}$

Beban mati pelat =  $2 \cdot \frac{1}{3} \cdot q \cdot l x = 2 \times \frac{1}{3} \times 288 \times 2,45 = 470,40 \text{ kg/m}$

$$qD = 1262,40 \text{ kg/m}$$

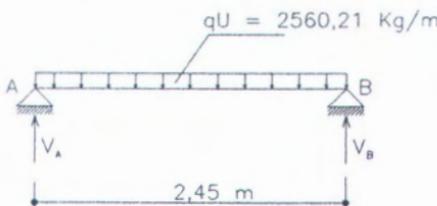
##### Berat Hidup Merata

Beban hidup pelat =  $2 \cdot \frac{1}{3} \cdot q \cdot l x = 2 \times \frac{1}{3} \times 400 \times 2,45 = 653,33 \text{ kg/m}$

$$qL = 653,33 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = (1,2 \times 1262,40) + (1,6 \times 653,33)$$

$$= 2560,21 \text{ kg/m}$$



##### Momen

##### Perhitungan Momen

$$M_{tump} = \frac{qU \times l^2}{10} = \frac{2560,21 \times 2,45^2}{10} = 1536,77 \text{ kg.m}$$

$$M_{lap} = \frac{qU \times l^2}{11} = \frac{2560,21 \times 2,45^2}{11} = 1397,06 \text{ kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi :

$$V_u \text{ total} = \frac{1}{2} \times 2560,21 \times 2,45 = 3136,26 \text{ kg}$$

#### 4.10.2.2 Perhitungan Tulangan Lentur

- $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Dia.Tul utama = D16
- Dia.Tul sengkang = Ø10
- $d = 400 - 40 - 10 - (16/2) = 342 \text{ mm}$
- $b = 300 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\begin{aligned} \rho_{bal} &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{(SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)} \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)} \\ &= 0,75 * 0,0325 = 0,0244 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

#### Penulangan Daerah Tumpuan

$$M_u = 1536,77 \text{ kg.m} = 15367700 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{15367700}{0,8} = 19209625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{19209625}{300 \times 342^2} = 0,55 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,55}{400}} \right)$$

$= 0,0014 < \rho_{\min}$ , maka dipakai  $\rho_{\min}$

$$A_{\text{sperlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300 \times 342 = 359,10 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 359,10 = 179,55 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$ )

#### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{D16} : 2 \times 16 = 32 \text{ mm}$$

$$1 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 1 \times 25 = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 157 \text{ mm}$$

Lebar balok 300 mm ternyata cukup memadai.

#### Penulangan Daerah Lapangan

$$M_u = 1397,06 \text{ kg.m} = 13970600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{13970600}{0,8} = 17463250 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{17463250}{300 \times 342^2} = 0,50 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,5}{400}} \right)$$

$$= 0,00126 < \rho_{\min}$$

$$A_{\text{sperlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 300 \times 342 = 359,10 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s = 401,92 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 359,10 = 179,55 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$ )

#### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{D16} : 2 \times 16 = 32 \text{ mm}$$

$$1 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 1 \times 25 = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 157 \text{ mm}$$

Lebar balok 300 mm ternyata cukup memadai.

#### **4.10.2.3 Penulangan Geser**

$$V_u = 3136,26 \text{ kg} = 31362,6 \text{ N}$$

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

$$d = 400 - 40 - 10 - (0,5 \times 16) = 342 \text{ mm}$$

$$V_c = (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = (1/6) \times \sqrt{30} \times 300 \times 342$$

$$= 93660,56 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,6 \times 93660,56 \text{ N} = 56196,33 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \times 56196,33 \text{ N}$$

$$= 28098,17 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_{s\ min} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 300 \times 342 = 20.520 \text{ N}$$

Karena  $V_u < 0,5 \phi V_c$ , dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Tidak diperlukan tulangan geser.

Direncanakan tulangan geser  $\phi 8 \Rightarrow A_v = 2 \phi 8 = 101 \text{ mm}^2$

$$V_{s\ perlu} = V_{s\ min} = 34.200 \text{ N}$$

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,08 \times 400 \times 342}{34.200} = 628,32 \text{ mm}$$

Tumpuan :

Syarat  $S < d/4 = 342/4 = 85,5 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Pasang  $\emptyset 8 - 75 \text{ mm}$

Lapangan :

Syarat  $S < d/2 = 342/2 = 171 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$

Pasang  $\emptyset 8 - 150 \text{ mm}$

#### 4.10.3 Balok Penumpu Belakang (35/50)

##### 4.10.3.1 Pembebatan

$R_1 = 10200 \text{ kg}$  (balok penumpu belakang)

$R_2 = 7000 \text{ kg}$  (balok penumpu depan)

Beban mati pelat ( $q$ ) =  $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup pelat ruang mesin ( $q$ ) =  $400 \text{ kg/m}^2$

Berat Mati Merata :

Berat Sendiri =  $0,35 \times 0,50 \times 2400 \times 5,70 = 2394 \text{ kg/m}$

Beban mati pelat

$$= n \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x}{2l_y} \right) = \frac{1}{2} \times 288 \times 2,45 \left( 1 - \frac{2,45}{2 \times 2,7} \right) = 192,73 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x^2}{3l_y^2} \right) = \frac{1}{2} \times 288 \times 1 \left( 1 - \frac{1^2}{3 \times 5,7^2} \right) = 142,52 \text{ kg/m}$$

$$qD = 2729,25 \text{ kg/m}$$

Berat Hidup Merata :

Beban hidup pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x}{2l_y} \right) = \frac{1}{2} \times 400 \times 2,45 \left( 1 - \frac{2,45}{2 \times 2,7} \right) = 267,69 \text{ kg/m}$$

Beban hidup pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x^2}{3l_y^2} \right) = \frac{1}{2} \times 400 \times 1 \left( 1 - \frac{1^2}{3 \times 5,7^2} \right) = 197,95 \text{ kg/m}$$

$$qL = 465,64 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = (1,2 \times 2729,25) + (1,6 \times 465,64) \\ = 4020,12 \text{ kg/m}$$

Berat Hidup Terpusat :

Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pada pasal 3.3.(3), halaman 16 PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang mengalami struktur terdiri dari berat sendiri keran ditambah dengan berat muatan yang diangkatnya. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dan kemudian dikalikan dengan suatu koefisien yang ditentukan menurut rumus sbb :

$$\psi = (1 + k_1 \times k_2 \times V) \geq 1,15 \\ = (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \geq 1,15 \\ = 1,78 \geq 1,15$$

Dimana :

$\psi$  = Koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

V = Kecepatan angkat maksimum dalam m/dt pada pengangkatan muatan maksimum dalam keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/dt

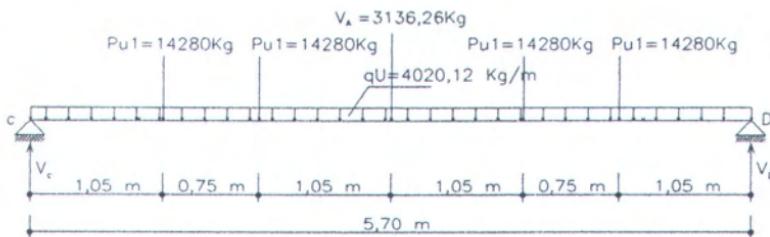
K1 = Koefisien yang tergantung pada kekuatan struktur keran induk, untuk keran induk dengan struktur rsngka pada umumnya diambil sebesar 0,6

$K_2$  = koefisien yang tergantung pada sifat – sifat mesin angkat dari keran angkatnya dan dapat diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$P_{U1} = R1 \cdot \psi = 10200 \times 1,78 \times 0,5 \times 1,6 = 14280 \text{ kg}$$

$$P_{U2} = R2 \cdot \psi = 7000 \times 1,78 \times 0,5 \times 1,6 = 10112 \text{ kg}$$



#### 4.10.3.2 Perhitungan Tulangan Lentur

- $f'_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Dia.Tul utama = D22 mm
- Dia.Tul sengkang = Ø10 mm
- $d = 500 - 40 - 10 - (22/2) = 439 \text{ mm}$
- $b = 350 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1})$$

$$\begin{aligned} \rho_{bal} &= \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3}) \\ &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{balance} \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3}) \\ &= 0,75 * 0,0325 = 0,0244 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

### Penulangan Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 42937,95 \text{ kg.m} = 429379500 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{429379500}{0,8} = 536724375 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{536724375}{350 \times 439^2} = 7,96 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 7,96}{400}} \right)$$

$$= 0,025 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperru} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,025 \times 350 \times 439 = 3789,86 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 10 D22 (As = 3799,40 mm<sup>2</sup>)

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 3789,86 = 1894,93 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 5 D22 (As' = 1899,70 mm<sup>2</sup>)

### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$5 \times \text{D22} : 5 \times 22 = 110 \text{ mm}$$

$$4 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 4 \times 25 = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 310 \text{ mm}$$

Lebar balok 350 mm ternyata cukup memadai.

### Penulangan Daerah Lapangan

Dari Analisis SAP 2000 didapat :

$$M_u = 18555,93 \text{ kg.m} = 185559300 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{185559300}{0,8} = 231949125 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{231949125}{350 \times 439^2} = 3,45 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,45}{400}} \right)$$

$$= 0,0093 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0093 \times 350 \times 439 = 1424,50 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 4 D22 (As = 1519,76 mm<sup>2</sup>)

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 1424,50 = 712,25 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D22 (As' = 759,88 mm<sup>2</sup>)

#### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$4 \times \text{D22} : 4 \times 22 = 88 \text{ mm}$$

$$3 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} : 3 \times 25 = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Total} = 263 \text{ mm}$$

Lebar balok 350 mm ternyata cukup memadai.

#### 4.10.3.3 Penulangan Geser

Daerah tumpuan :

$$V_u \text{ tump} = 41585,47 \text{ kg} = 415854,7 \text{ N}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 40 - 10 - (0,5 \times 22) = 439 \text{ mm}$$

- $V_c = (1/6) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$   
 $= (1/6) \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 140262,62 \text{ N}$
- $\phi V_c = 0,6 \times 140262,62 = 84157,57 \text{ N}$
- $\phi V_{s \min} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d$   
 $= 0,6 \times \frac{1}{3} \times 350 \times 439 = 30730 \text{ N}$
- $\{\phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f'_c} b_w d\}$   
 $= 84157,57 \text{ N} + (0,6 \times (1/3)) \times \sqrt{30} \times 350 \times 439$   
 $= 84157,57 \text{ N} + 168315,14 \text{ N} = 252472,71 \text{ N}$
- $\{\phi V_c + \phi (2/3) \sqrt{f'_c} b_w d\}$   
 $= 84157,57 \text{ N} + 336630,28 \text{ N} = 420787,85$

Karena :

$$\{\phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f'_c} b_w d\} < V_u \leq \{\phi V_c + \phi (2/3) \sqrt{f'_c} b_w d\}$$

dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 415854,7 - 84157,57 = 331697,13 \text{ N}$$

$$A_v = 4 \phi 10 = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi A_v \times f_y \times d}{\phi V_s} = \frac{0,6 \times 314,16 \times 400 \times 439}{331697,13} = 100 \text{ mm}$$

Syarat  $s < d/4 = 439/4 = 109,75 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Pasang  $4\varnothing 10 - 100 \text{ mm}$

Daerah lapangan :

$$V_{u \text{ lap}} = \frac{V_u x (0,5 \cdot L_n - 0,25 \cdot L_n)}{0,5 \cdot L_n} = \frac{415854,7 \times 0,25 \times 5,7}{0,5 \times 5,7} =$$

207927,35 N

Karena  $(\phi V_c + \phi V_{s \text{ min}}) < V_u \leq \{\phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f'_c} b_w d\}$ ,  
dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 207927,35 - 84157,57 = 123769,78 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \phi 10 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 157,08 \times 400 \times 439}{123769,78} = 133,72 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } S < d/2 = 439/2 = 219,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$$

Pasang 2Ø10 – 125 mm

#### 4.10.4 Balok Penumpu Depan (35/50)

##### 4.10.4.1 Pembebatan

R1 = 10200 kg (balok penumpu belakang)

R2 = 7000 kg (balok penumpu depan)

Beban mati pelat (q) = 0,12 x 2400 = 288 kg/m<sup>2</sup>

Beban hidup pelat ruang mesin (q) = 400 kg/m<sup>2</sup>

Berat Mati Merata :

$$\text{Berat Sendiri} = 0,35 \times 0,50 \times 2400 \times 5,70 = 2394 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x}{2 \cdot l_y} \right) = \frac{1}{2} \times 288 \times 2,45 \left( 1 - \frac{2,45}{2 \times 2,7} \right) = 192,73 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x^2}{3l_y^2} \right) = \frac{1}{2} \times 288 \times 2 \left( 1 - \frac{2^2}{3 \times 5,7^2} \right) = 276,18 \text{ kg/m}$$

$$qD = 2862,91 \text{ kg/m}$$

Berat Hidup Merata :

Beban hidup pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x}{2 \cdot l_y} \right) = \frac{1}{2} \times 400 \times 2,45 \left( 1 - \frac{2,45}{2 \times 2,7} \right) = 267,69 \text{ kg/m}$$

Beban hidup pelat

$$= \frac{1}{2} \cdot q \cdot l_x \left( 1 - \frac{l_x^2}{3 \cdot l_y^2} \right) = \frac{1}{2} \times 400 \times 2 \left( 1 - \frac{2^2}{3 \times 5,7^2} \right) = 383,58 \text{ kg/m}$$

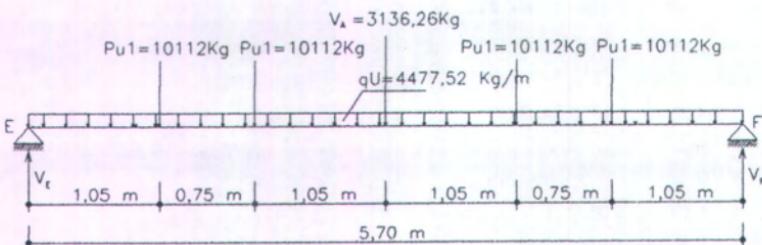
$$qL = 651,27 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 \cdot DL + 1,6 \cdot LL = (1,2 \times 2862,91) + (1,6 \times 651,27) \\ = 4477,52 \text{ kg/m}$$

Berat Hidup Terpusat

$$PU_1 = R_1 \cdot \psi = 10200 \times 1,78 \times 0,5 \times 1,6 = 14280 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot \psi = 7000 \times 1,78 \times 0,5 \times 1,6 = 10112 \text{ kg}$$

**4.10.4.2 Perhitungan Tulangan Lentur**

- $f_c = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Dia.Tul utama = D22
- Dia.Tul sengkang = Ø10
- $d = 500 - 40 - 10 - (22/2) = 439 \text{ mm}$
- $b = 350 \text{ mm}$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{(SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} \text{ .....(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)}$$

$$= 0,75 * 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

### Penulangan Daerah Tumpuan

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 35472,92 \text{ kg.m} = 354729200 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{354729200}{0,8} = 443411500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{443411500}{350 \times 439^2} = 6,57 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 6,57}{400}} \right)$$

$$= 0,0194 > \rho_{min}$$

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0194 \times 350 \times 439 = 2977,89 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 8 D22 ( $As = 3039,52 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 297,89 = 1488,95 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 4 D22 ( $As' = 1519,76 \text{ mm}^2$ )

### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) &: 2 \times 40 = 80 \text{ mm} \\
 2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} &: 2 \times 10 = 20 \text{ mm} \\
 4 \times \text{D22} &: 4 \times 22 = 88 \text{ mm} \\
 3 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} &: 3 \times 25 = 75 \text{ mm} \\
 &\quad \text{Total} = 263 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lebar balok 350 mm ternyata cukup memadai.

### Penulangan Daerah Lapangan

Dari Analisis SAP 2000 didapat :

$$M_u = 15999,78 \text{ kg.m} = 159997800 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{159997800}{0,8} = 199997250 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{199997250}{350 \times 439^2} = 2,97 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,97}{400}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0079 > \rho_{\min}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{spesial}} &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0079 \times 350 \times 439 = 1214,21 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 4 D22 (As = 1519,76 mm<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 0,5 \times A_s \\
 &= 0,5 \times 1214,21 = 607,11 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 2 D22 (As' = 759,88 mm<sup>2</sup>)

### Periksa Lebar Balok

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar balok yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

$$2 \times \text{penutup beton} (p = 40 \text{ mm}) : 2 \times 40 = 80 \text{ mm}$$

$$2 \times \text{sengkang}, \phi_{\text{sengkang}} = 10 \text{ mm} : 2 \times 10 = 20 \text{ mm}$$

$$4 \times \text{D22} : 4 \times 22 = 88 \text{ mm}$$

$$3 \text{ kali jarak antara } 25 \text{ mm} \quad : 3 \times 25 = 75 \text{ mm}$$

Total = 263 mm

Lebar balok bordes 350 mm ternyata cukup memadai.

#### 4.10.4.3 Penulangan Geser

##### Daerah tumpuan

$$V_u \text{ tump} = 34553,06 \text{ kg} = 345530,6 \text{ N}$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$d = 500-40-10-(0,5 \times 22) = 439 \text{ mm}$$

- $V_c = (1/6)x\sqrt{f'_c}xb_wxd = (1/6) \times \sqrt{30} \times 350 \times 439 = 140262,62 \text{ N}$

- $\phi V_c = 0,6 \times 140262,62 = 84157,57 \text{ N}$

- $\phi V_{s \min} = 0,6 \times \frac{1}{3} xb_w x d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 350 \times 439 = 30730 \text{ N}$

- $\{\phi V_c + \phi(1/3)\sqrt{f'_c} b_w d\}$   
 $= 84157,57 \text{ N} + (0,6 \times 1/3) \times \sqrt{30} \times 350 \times 439$   
 $= 84157,57 \text{ N} + 168315,14 \text{ N} = 252472,71 \text{ N}$

- $\{\phi V_c + \phi(2/3)\sqrt{f'_c} b_w d\} = 84157,57 \text{ N} + 336630,28 \text{ N}$   
 $= 420787,85$

Karena :

$\{\{\phi V_c + \phi(1/3)\sqrt{f'_c} b_w d\} < \{\phi V_c + \phi(2/3)\sqrt{f'_c} b_w d\}$ , dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 345530,6 - 84157,57 = 261373,03 \text{ N}$$

$$A_v = 4 \phi 10 = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi V_s} = \frac{0,6 \times 314,16 \times 400 \times 439}{261373,03} = 126,64 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/4 = 439/4 = 109,75 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Pasang 4Ø10 – 100 mm

### Daerah lapangan

$$V_{uLap} = \frac{V_u x (0,5 \cdot L_n - 0,25 L_n)}{0,25 \cdot L_n} = \frac{345530,6 \times 0,25 \times 5,7}{0,5 \times 5,7}$$

$$= 172765,30 \text{ N}$$

Karena  $(\phi V_c + \phi V_s \min) < V_u \leq \{\phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f'_c} b_w d\}$ ,  
dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 172765,30 - 84157,57 = 88607,73 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \phi 10 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 157,08 \times 400 \times 439}{88607,73} = 186,78 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/2 = 439/2 = 219,5 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$

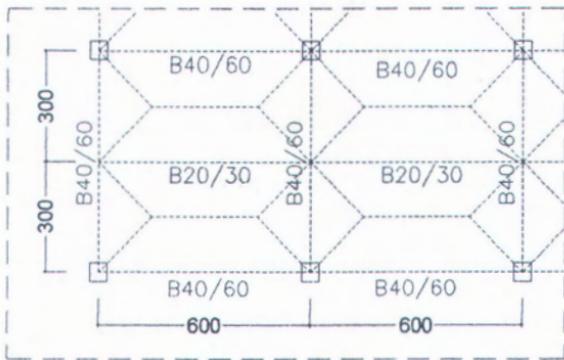
Pasang 2 Ø10 – 175 mm

## 4.11 Perencanaan Balok Anak

### 4.11.1 Pembebanan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder sehingga bukan merupakan elemen yang menerima gaya lateral, tetapi lebih berfungsi sebagai struktur yang mendukung beban gravitasi unsur lain yang berhubungan dengannya seperti pelat yang menyalurkan beban – beban pada struktur utama. Selain itu balok anak berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga benar – benar horizontal dan kaku pada bidangnya. Kegunaan balok anak yang lainnya adalah untuk memperkecil lendutan pada pelat sehingga dapat mengurangi ketebalan pelat.

Pada perhitungan balok anak ini diambil contoh perhitungan pada balok anak yang terletak antara As 7 - As 8 untuk balok anak plat lantai dan As A – As B.



Gambar. 4.6 Denah Balok, Kolom dan Pelat Atap

### 1) Pembebanan Pada Plat Atap

Dari data perhitungan pembebanan sebelumnya didapat :

$$DL = 318 \text{ kg/m}^2$$

$$LL = 100 \text{ kg/m}^2$$

#### ▪ Pembebanan Balok Anak Atap (20/30)

##### Berat Mati Merata

$$\text{Berat Sendiri} = 0,20 \times 0,30 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$= q.lx \left( 1 - \frac{l x^2}{3 l y^2} \right) = 318 \times 2,725 \left( 1 - \frac{2,725^2}{3 \times 5,65^2} \right) = 844,15 \text{ kg/m}$$

$$qD = 988,15 \text{ kg/m}$$

##### Berat Hidup Merata

Beban hidup pelat

$$= q.lx \left( 1 - \frac{l x^2}{3 l y^2} \right) = 100 \times 2,725 \left( 1 - \frac{2,725^2}{3 \times 5,65^2} \right) = 267,42 \text{ kg/m}$$

$$qL = 267,42 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 DL + 1,6 LL$$

$$= (1,2 \times 988,15) + (1,6 \times 267,42) = 1613,65 \text{ kg/m}$$

## 2) Pembebaan Pada Plat Lantai

Dari data perhitungan pembebaan sebelumnya didapat :

$$DL = 376 \text{ kg/m}^2$$

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

### ▪ Pembebaan Balok Anak Lantai (25/35)

#### Berat Mati Merata

$$\text{Berat Sendiri} = 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$= q.lx \left( 1 - \frac{lx^2}{3ly^2} \right) = 376 \times 2,725 \left( 1 - \frac{2,725^2}{3 \times 5,65^2} \right) = 844,15 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat partisi} = 50 \times 4 = 200 \text{ kg/m}$$

#### Berat Hidup Merata

Beban hidup pelat

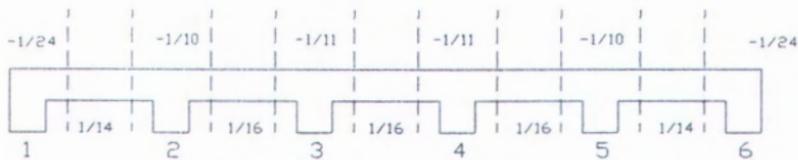
$$= q.lx \left( 1 - \frac{lx^2}{3ly^2} \right) = 300 \times 2,725 \left( 1 - \frac{2,725^2}{3 \times 5,65^2} \right) = 998,12 \text{ kg/m}$$

$$qL = 998,12 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 DL + 1,6 LL \\ &= (1,2 \times 1254,15) + (1,6 \times 998,12) \\ &= 3101,972 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### ▪ Gaya – gaya dalam yang terjadi

Berdasarkan pasal 10.3)(5) SNI 03-2847 -2002, metode pendekatan yang digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangannya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah. Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua. Panjang bentang yang digunakan adalah panjang bentang bersih antara muka tumpuan.



Gambar 4.7 Gaya Dalam Pada Balok Anak

#### 4.11.2 Penulangan Balok Anak

##### 4.11.2.1 Balok anak Atap (20/30)

- **Momen Bentang Ujung**

Tumpuan

$$M1 = \frac{-qu \times Ln^2}{24} = \frac{1613,65 \times 5,65^2}{24} = -2146,32 \text{ kgm}$$

$$M2 = \frac{-qu \times Ln^2}{10} = \frac{1613,65 \times 5,65^2}{10} = -5151,17 \text{ kgm}$$

Lapangan

$$M12 = \frac{qu \times Ln^2}{14} = \frac{1613,65 \times 5,65^2}{14} = 3679,41 \text{ kgm}$$

$$M23 = \frac{qu \times Ln^2}{16} = \frac{1613,65 \times 5,65^2}{16} = 3219,48 \text{ kgm}$$

- **Perhitungan Tulangan Lentur**

dimana :  $d = 300 - 40 - 8 - 16/2$   
 $= 244 \text{ mm}$

$$b = 200 \text{ mm}$$

dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \text{(SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3)}$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{balance} \dots \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)}$$

$$= 0,75 * 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

### Penulangan Daerah Tumpuan M1

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 2146,32 \text{ kg.m} = 21463200 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{21463200}{0,8} = 26829000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{2682900}{200 \times 244^2} = 2,25 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,25}{400}} \right)$$

$$= 0,0059 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperhu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0059 \times 200 \times 244 = 288,24 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 (As = 401,92 mm<sup>2</sup>)

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 288,24 = 144,12 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 (As' = 401,92 mm<sup>2</sup>)

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{200 - 80 - 16 - (2 \times 16)}{1} = 72 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \dots \text{ok!}$$

### Penulangan Daerah Tumpuan M2

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 5151,17 \text{ kg.m} = 51511700 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{51511700}{0,8} = 64389625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{64389625}{200 \times 244^2} = 5,4$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 5,41}{400}} \right)$$

$$= 0,0154 > \rho_{\min}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0154 \times 200 \times 244 = 750,21 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 4 D16 ( $A_s = 803,84 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 750,21 = 375,11 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$ )

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{200 - 80 - 16 - (2 \times 16)}{1} = 72 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### Penulangan Daerah Lapangan M1-2

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 3679,41 \text{ kg.m} = 36794100 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{36794100}{0,8} = 45992625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{45992625}{200 \times 244^2} = 3,86 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,86}{400}} \right)$$

$$= 0,0105 > \rho_{\min}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0105 \times 200 \times 244 = 513,64 \text{ mm}^2$$



Tulangan pasang 3 D16 ( $A_s = 602,88 \text{ mm}^2$ )  
 $A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 513,64 = 256,82 \text{ mm}^2$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$ )

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{200 - 80 - 16 - (3 \times 16)}{2} = 28 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### Penulangan Daerah Lapangan M2-3

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 3219,48 \text{ kg.m} = 32194800 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{32194800}{0,8} = 40243500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{40243500}{200 \times 244^2} = 3,34 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,34}{400}} \right)$$

$$= 0,0091 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperlu} = \rho.b.d = 0,0091 \times 200 \times 244 = 444,03 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 3 D16 ( $A_s = 602,88 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 444,03 = 222,013 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_s' = 401,92 \text{ mm}^2$ )

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{200 - 80 - 16 - (3 \times 16)}{2} = 28 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### • Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak Atap

Gaya geser pada sisi dari tumpuan dalam pertama

$$V_u = \frac{1,15}{2} \times qu \times ln = \frac{1,15}{2} \times 1613,65 \times 5,65 = 5242,35 \text{ kg} = 52423,5 \text{ N}$$

Gaya geser pada sisi dari semua tumpuan-tumpuan lainnya

$$V_u = \frac{1}{2} \times qu \times \ln = \frac{1}{2} \times 1613,65 \times 5,65 = 4558,48 \text{ kg} = 45584,8 \text{ N}$$

Sumbangan kekuatan geser beton :

- $V_c = (1/6)x\sqrt{f'_c}xb_wxd = (1/6) \times \sqrt{30} \times 200 \times 244 = 44548,10 \text{ N}$
- $\phi \cdot V_c = 0,6 \times 44548,10 \text{ N} = 26728,86 \text{ N}$
- $0,5 \cdot \phi \cdot V_c = 0,5 \times 26728,86 \text{ N} = 13364,43 \text{ N}$
- $\phi V_{s \min} = 0,6x \frac{1}{3}x\sqrt{f'_c}xb_wxd = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 200 \times 244 = 9760 \text{ N}$
- $\{\phi V_c + \phi(1/3)\sqrt{f'_c} b_w \cdot d\}$   
 $= 26728,86 \text{ N} + (0,6 \cdot (1/3)\sqrt{30} \cdot 200 \cdot 244) = 80186,58 \text{ N}$

Karena  $\{\phi V_c + \phi V_{s \min}\} < Vu \leq \{\phi V_c + \phi(1/3)\sqrt{f'_c} b_w \cdot d\}$ ,  
dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 52423,5 - 26728,86 = 25694,64 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \phi 8 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 100,53 \times 400 \times 244}{25694,64} = 229,12 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/4 = 244/4 = 61 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Pasang 2 Ø 8 – 50 mm

Daerah lapangan :

$$V_{uLap} = \frac{V_u x (0,5 \cdot L_n - 0,25 \cdot L_n)}{0,25 \cdot L_n} = \frac{52423,5 \times 0,25 \times 5,65}{0,5 \times 5,65} = 26211 \text{ N}$$

Karena  $0,5 \phi V_c < Vu \leq \phi \cdot V_c$ , dalam SNI 03-2847-2002 Ps. 13.5.6.1

Perlu disediakan tulangan geser minimum

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = \phi V_{s \min} = 9760 \text{ N} \text{ dan } A_v = 2 \phi 8 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 100,53 \times 400 \times 244}{9760} = 603,18 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/2 = 244/2 = 122 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$

Pasang 2 Ø 8 – 100 mm

#### 4.11.2.2 . Balok Anak Lantai (25/35)

- Momen Bentang Ujung

Tumpuan

$$M_1 = \frac{-qu \times Ln^2}{24} = \frac{3101,972 \times 5,65^2}{24} = -4125,95 \text{ kgm}$$

$$M_2 = \frac{-qu \times Ln^2}{10} = \frac{3101,972 \times 5,65^2}{10} = -9902,27 \text{ kgm}$$

Lapangan

$$M_{12} = \frac{qu \times Ln^2}{14} = \frac{3101,972 \times 5,65^2}{14} = 7073,05 \text{ kgm}$$

$$M_{23} = \frac{qu \times Ln^2}{16} = \frac{3101,05 \times 5,65^2}{16} = 6187,08 \text{ kgm}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur

Perhitungan Tulangan Lentur

dimana :  $d = 350 - 40 - 8 - 16/2 = 294 \text{ mm}$

$b = 250 \text{ mm}$

dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1})$$

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI-03-2847-2002Ps 10.4.3})$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0325$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{balance} \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3})$$

$$= 0,75 * 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

### Penulangan Daerah Tumpuan M1

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 4125,95 \text{ kg.m} = 41259500 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{41259500}{0,8} = 51574375 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b.d^2} = \frac{51574375}{250 \times 294^2} = 2,387 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,387}{400}} \right)$$

$$= 0,0063 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperlu} = \rho.b.d$$

$$= 0,0063 \times 250 \times 294 = 461,27 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 4 D16 ( $A_s = 803,84 \text{ mm}^2$ )

$$A_{s'} = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 461,27 = 230,63 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_{s'} = 401,92 \text{ mm}^2$ )

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{250 - 80 - 16 - (4 \times 16)}{3} = 30 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### Penulangan Daerah Tumpuan M2

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 9902,27 \text{ kg.m} = 99022700 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{99022700}{0,8} = 123778375 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{123778375}{250 \times 294^2} = 5,72 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 5,72}{400}} \right)$$

$$= 0,01644 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,01644 \times 250 \times 294 = 1208,39 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 8 D16 ( $A_s = 1607,68 \text{ mm}^2$ )

$$A_s' = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 1208,39 = 604,19 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 4 D16 ( $A_s' = 803,84 \text{ mm}^2$ )

Pemeriksaan jarak antar tulangan =

$$\frac{250 - 80 - 16 - (4 \times 16)}{3} = 30 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### Penulangan Daerah Lapangan M1-2

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 7073,05 \text{ kg.m} = 70730500 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{70730500}{0,8} = 88413125 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{88413125}{250 \times 294^2} = 4,09 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 4,09}{400}} \right)$$

$$= 0,0112 > \rho_{\min}$$

$$A_{sperlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0112 \times 250 \times 294 = 824,34 \text{ mm}^2$$

Tulangan pasang 6 D16 ( $A_s = 1205,76 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 \times A_s \\ &= 0,5 \times 824,34 = 412,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 4 D16 ( $A_{s'} = 803,84 \text{ mm}^2$ )

### Penulangan Daerah Lapangan M2-3

Dari Perhitungan didapat :

$$M_u = 6187,08 \text{ kg.m} = 61870800 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{61870800}{0,8} = 77338500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{77338500}{250 \times 294^2} = 3,58 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,58}{400}} \right) \\ &= 0,0097 > \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{spesial} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0097 \times 250 \times 294 = 711,703 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 4 D16 ( $A_s = 803,84 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} A_s' &= 0,5 \times A_s \\ &= 0,5 \times 711,703 = 355,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan pasang 2 D16 ( $A_{s'} = 401,92 \text{ mm}^2$ )

- Perhitungan Tulangan Geser Balok Anak Lantai**

Gaya geser pada sisi dari tumpuan dalam pertama

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1,15}{2} \times qu \times ln = \frac{1,15}{2} \times 3101,972 \times 5,65 = 10077,53 \text{ kg} \\ &= 100775,3 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser pada sisi dari semua tumpuan-tumpuan lainnya

$$V_u = \frac{1}{2} \times qu \times ln = \frac{1}{2} \times 3101,972 \times 5,65 = 8763,07 \text{ kg} = 87630,7 \text{ N}$$

Sumbangan kekuatan geser beton :

- $V_c = (1/6)x\sqrt{f'_c}xb_wxd$   
 $= (1/6) \times \sqrt{30} \times 250 \times 294 = 67096,01 \text{ N}$
- $\phi \cdot V_c = 0,6 \times 67096,01 \text{ N} = 40257,61 \text{ N}$
- $\phi V_{s \min} = 0,6 \times \frac{1}{3} \times b_w \times d = 0,6 \times \frac{1}{3} \times 250 \times 294 = 14700 \text{ N}$
- $\{\phi V_c + \phi (1/3)\sqrt{f'_c} b_w \cdot d\}$   
 $= 40257,61 \text{ N} + (0,6(1/3)\sqrt{30} \cdot 250 \cdot 294) = 281803,26 \text{ N}$

Karena  $\{\phi V_c + \phi V_{s \min}\} < Vu \leq \{\phi V_c + \phi (1/3)\sqrt{f'_c} b_w \cdot d\}$ ,  
dalam SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.5.6.1

Harus disediakan tulangan geser.

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c = 100775,3 - 40257,61 = 60517,69 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \phi 8 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 100,53 \times 400 \times 294}{60517,69} = 117,21 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/4 = 294/4 = 73,5 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm}$

Pasang 2 Ø 8 – 50 mm

Daerah lapangan:

$$V_{ulap} = \frac{V_{ux}x(0,25L_n - 0,25L_n)}{0,5L_n} = \frac{100775,3 \times 0,25 \times 5,65}{0,5 \times 5,65} \\ = 50387,65 \text{ N}$$

Karena  $\phi \cdot V_c < V_u \leq \{\phi V_c + \phi V_{s \min}\}$ , dalam SNI 03-2847-2002

Ps. 13.5.6.1

Perlu disediakan tulangan geser minimum

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = \phi V_{s \min} = 14700 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \phi 8 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\phi \cdot A_v \times f_y \times d}{\phi \cdot V_s} = \frac{0,6 \times 100,53 \times 400 \times 294}{14700} = 482,54 \text{ mm}$$

Syarat  $S < d/2 = 294/2 = 147 \text{ mm} \leq 600 \text{ mm}$

Pasang 2 Ø 8 – 150 mm

## BAB V

# PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

### 5.1 Umum

Perencanaan struktur utama dari gedung ini meliputi perencanaan balok induk dan kolom sebagai elemen utama dari gedung. Dimana struktur utama tersebut direncanakan menerima beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa. Pelat yang dipikul oleh balok dianggap membebani balok induk sebagai beban merata dan balok anak membebani balok induk sebagai beban terpusat.

Pada perhitungan struktur utama digunakan program bantu komputer SAP 2000. Perhitungan struktur utama ini menggunakan analisa sistem rangka pemikul momen yaitu SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus), dimana sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap dan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur dengan  $R = 8,5$ .

#### 5.1.1 Data Perencanaan

Data-data gedung yang digunakan :

Nama Proyek	: Pengembangan Rumah Sakit Umum Citra Medika Kecamatan Tarik Kabupaten Sidoarjo.
Lokasi Proyek	: Jl. Raya Surabaya-Mojokerto Km 44 Tarik Sidoarjo.
Diskripsi Proyek	: Proyek ini terdiri dari 2 Lantai + atap baja, dimodifikasi menjadi 8 lantai + lantai atap.
Mutu beton ( $f'_c$ )	: 30 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	: 400 Mpa
Fungsi bangunan	: Rumah sakit.
Sistem gedung	: Rangka Pemikul Momen Khusus.
Data gempa	: Zone 5 (SNI 03-1726-2002).
Jenis tanah	: Tanah sedang

### 5.1.2 Pemodelan Struktur

Struktur utama dianalisa dengan menggunakan bantuan software SAP 2000. Dimana sistem struktur dari balok induk dan kolom dimodelkan sebagai portal terbuka (open frame) dengan perletakan jepit pada dasar kolom. Sedangkan perencanaan terhadap gempa akan dianalisa dengan Analisa dinamis (Respons Spektrum).

### 5.1.3 Pembebanan

Struktur utama dibebani oleh beban hidup dan beban mati yang berasal dari lantai, balok anak, beban struktur sendiri dan beban gempa. Beban mati dan beban hidup dikelompokkan di dalam beban gravitasi yang dipikul oleh balok induk. Sedangkan untuk beban gempa termasuk dalam beban horizontal yang diterima oleh kolom pada masing – masing tingkat yang kemudian diteruskan ke pondasi. Beban pada struktur utama didapatkan dari reaksi – reaksi struktur pendukung yaitu balok anak yang akan menjadi beban terpusat bagi struktur utama dan beban lantai dan beban sendiri struktur yang bekerja sebagai beban merata.

Kombinasi Pembebanan menurut SNI 03-2847-2002 Ps.11.2 adalah sebagai berikut:

- 1) 1,4 D
- 2) 1,2 DL + 1,6 LL
- 3) 1,2 DL + 1 LL ± 1 E
- 4) 0,9 DL + ± 1 E

#### 5.1.3.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban – beban yang bekerja searah dengan gravitasi bumi. Beban gravitasi yang diterima struktur ini terdiri dari beban mati dan beban hidup. Beban mati pada balok berasal dari berat sendiri balok dan beban mati yang diteruskan melalui plat. Pembagian pembebanan pada balok utama dari plat merupakan beban area yang kemudian diequivalensikan menjadi beban merata yang diterima oleh balok

sedangkan untuk balok anak diasumsikan sebagai beban terpusat pada balok utama.

### **1) Beban Mati**

Beban mati merupakan berat seluruh bahan konstruksi gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi, finishing, komponen arsitektural dan struktur lainnya dan peralatan layan termasuk berat keran yang bersifat tetap.

### **2) Beban Hidup**

Beban hidup juga merupakan beban gravitasi, tetapi tidak bersifat permanen seperti beban mati. Beban jenis ini kemungkinan akan bekerja pada struktur pada saat – saat tertentu saja selama umur bangunan atau dapat pula bekerja selama umur bangunan dan lokasinya tidak tetap. Beban hidup ini antara lain : beban perabotan, penghuni sendiri (manusia) dan lain – lainnya.

#### **5.1.3.2 Beban Gempa**

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini, dilakukan dengan menggunakan analisa dinamis (respons spektrum) 3 dimensi, dimana menurut Ps.7.13 gaya geser dasar nominal sebagai respons dinamik seluruh ragam yang berpartisipasi pada struktur gedung tidak beraturan.

#### **1) Faktor Respons Gempa (C)**

Berdasarkan lokasi yang direncanakan yaitu untuk ditempatkan di Aceh, maka Gedung Rumah Sakit Umum Citra Medika termasuk dalam wilayah gempa 5 dan bertipe tanah sedang , maka untuk perhitungan respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, dilakukan dengan metoda analisis ragam respons spektrum dengan memakai Spektrum Respons menurut Gambar 2 SNI 03-1726-2002 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, dimana I adalah Faktor Keutamaan menurut tabel 1,

sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan.

### 2) Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung Rumah Sakit Umum Citra Medika direncanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) beton bertulang, sehingga berdasarkan tabel 3 SNI 03–1726–2002 didapatkan nilai faktor reduksi gempa  $R = 8,5$ .

### 3) Faktor Keutamaan (I)

Gedung Rumah Sakit Umum Citra Medika direncanakan sebagai gedung Rumah Sakit sehingga berdasarkan tabel 1 SNI 03–1726–2002, didapatkan ( $I = 1,4$ ).

#### 5.1.4 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental ( $T_1$ )

Berdasarkan pasal 5.6 SNI 03 – 1726 – 2002, waktu getar alami struktur gedung ( $T_1$ ) dibatasi sebagai berikut :

$$T_1 < \zeta \cdot n$$

Dimana :  $\zeta$  = ditetapkan menurut tabel 8 SNI 03 – 1726 – 2002

$n$  = jumlah tingkat

$$T_1 < 0,16 \cdot 8$$

$$T_1 < 1,28 \text{ detik, diambil } T = 1,25 \text{ detik}$$

Dari data tanah yang ada di lokasi pembangunan tergolong tanah sedang dan diasumsikan dalam wilayah gempa 5 (Gambar 1. SNI 03 – 1726 – 2002). Berdasarkan gambar 2 SNI 03 – 1726 – 2002 didapatkan nilai Faktor Respons Gempa untuk waktu getar alami pertama  $T_1$  :

$$C_1 = \frac{0,50}{T_1} = \frac{0,50}{1,25} = 0,4$$

#### 5.1.5 Arah Pembebatan Gempa

Berdasarkan pasal 5.8.2 SNI 03 – 1726 – 2002 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebatan gempa dalam arah utama harus dianggap 100 % dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebatan gempa dalam arah

tegak lurus pada arah pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30 %.

#### **5.1.6 Analisis Respons Dinamik (Ragam Spektrum Respons)**

Berdasarkan SNI 03 -1726 – 2002, Ps 7.1.1, untuk mencegah terjadinya respons struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi 3 dimensi, paling tidak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi. Apabila gerak ragam pertama sudah dominan terhadap rotasi, hal ini menunjukkan perilaku yang buruk dan sangat tidak nyaman bagi penghuni ketika terjadi gempa, sehingga sistem struktur harus diperbaiki dan disusun kembali dengan menempatkan unsur-unsur yang lebih kaku pada keliling denah untuk memperbesar kekakuan rotasi (torsi) sistem struktur secara keseluruhan, sehingga ragam pertama tadi menjadi dominan terhadap translasi. Setelah dilakukan analisis ternyata ragam pertama dan kedua sudah dominan terhadap translasi, sehingga sistem struktur sudah cukup kaku.

Berdasarkan SNI 03 – 1726 – 2002 Ps. 7.1.3 persamaan 30 menyatakan nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respon ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal  $V$ , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan :

$$V \geq 0,8 V_1$$

$$V_1 = \frac{C_{1,I}}{R} W_i = \frac{0,4 \times 1,4}{8,5} \times 21.117.417 = 1.391.265,12 \text{ kg}$$

$V$  dari SAP 2000 didapat harga 1.270.122,61 kg

Sehingga :

$$1.270.122,61 > 0,8 \times 1.391.265,12 = 1.113.012,096 \text{ kg} \quad \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Berdasarkan SNI 03 -1726 – 2002, Ps 7.2.1, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa

dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90 %. Berikut partisipasi massa yang dicapai dalam analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000.

Tabel 5.1 Partisipasi Massa

<b>Mode</b>	<b>Period</b>	<b>Sum UX</b>	<b>Sum UY</b>	<b>Sum UZ</b>
	(s)	(%)	(%)	(%)
1	1.46	0.78	0.00	0.00000024
2	1.44	0.78	0.78	0.00000002
3	0.43	0.91	0.80	0.00000085
4	0.42	0.93	0.93	0.00000044

### 5.1.7 Kontrol Batasan Simpangan (Drift)

Batasan drift menurut SNI 03 -1726 – 2002, Ps .8.1.2, untuk memenuhi kinerja batas layan, drift  $\Delta_s$  antar tingkat tidak boleh lebih besar dari  $(0,03/R)x_h = (0,03/8,5) \times 4000 = 14,12$  mm atau 30 mm. Pembatasan ini ditetapkan untuk membatasi terjadinya pelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non struktural dan ketidaknyamanan penghuni. Perlu diketahui bahwa UBC tidak mengadakan pembatasan ini. Perhitungan terhadap kontrol drift dalam segala arah disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 5.2 Kinerja Batas Layan

KINERJA BATAS LAYAN ( $\Delta_s$ ) AKIBAT GEMPA ARAH X

Lantai ke	$h_x$ (m)	$\Delta_s$ (mm)	Drift $\Delta_s$ antar tingkat (mm)	Syarat drift $\Delta_s$ (mm)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Atap	32	36.54	1.84	14.12	OK!
8	28	34.70	3.02	14.12	OK!
7	24	31.68	4.26	14.12	OK!
6	20	27.42	5.28	14.12	OK!
5	16	22.14	6.08	14.12	OK!
4	12	16.06	6.51	14.12	OK!
3	8	9.55	6.21	14.12	OK!
2	4	3.34	3.34	14.12	OK!
1	0	0.00	0	14.12	OK!

Selanjutnya Ps 8.2.1 membatasi nilai drift harus lebih kecil dari 2 % dari tinggi gedung yang di rencanakan, yaitu sebesar  $0,02 \times 4000 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$ . Untuk memenuhi kinerja batas ultimit, simpangan antar tingkat harus dihitung dari simpangan

struktur gedung akibat pembebanan gempa rencana dalam kondisi gedung diambah keruntuhan. Simpangan struktur gedung akibat gempa nominal dikalikan dengan faktor pengali  $\xi$ .

Untuk gedung tidak beraturan :

$$\xi = 0,7 R / \text{Faktor skala} \quad (\text{SNI } 03 1726 - 2002 \text{ Ps. 8.2.1})$$

$$\begin{aligned} \text{Faktor skala} &= \frac{0,8 V_1}{V_t} \geq 1 \\ &= \frac{0,8 \times 1.391.265,12}{1.270.122,61} = 0,88 < 1, \text{ dipakai } 1 \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga : } \xi = \frac{0,7 \times 8,5}{1} = 5,95$$

$$\Delta_M = \xi \Delta_S$$

Kontrol terhadap simpangan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5.3 Kinerja Batas Ultimate  
KINERJA BATAS ULTIMIT ( $\Delta_M$ ) AKIBAT GEMPA ARAH X**

Lantai ke	hx (m)	Drift $\Delta_S$ antar tingkat (mm)	Drift $\Delta_M$ antar tingkat (mm)	Syarat drift $\Delta_M$ (mm)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Atap	32	1.84	10.95	80	OK!
8	28	3.02	17.97	80	OK!
7	24	4.26	25.35	80	OK!
6	20	5.28	31.42	80	OK!
5	16	6.08	36.18	80	OK!
4	12	6.51	38.73	80	OK!
3	8	6.21	36.95	80	OK!
2	4	3.34	19.87	80	OK!
1	0	0	0.00	80	OK!

Catatan :

Jika efek P- $\Delta$  sesuai ketentuan UBC '97 diterapkan ternyata semua drift  $\Delta_S$  antar tingkat  $< 0,02 \cdot h/R = (0,02 \times 4000)/8,5 = 9,4$  mm, jadi tidak perlu dihitung efek P- $\Delta$ .

## 5.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk

Data perencanaan :

- $b_w = 400 \text{ mm}$
- $h = 600 \text{ mm}$
- Selimut beton = 40 mm
- Sengkang =  $\emptyset 12 \text{ mm}$
- Mutu baja ( $f_y$ ) sengkang = 400 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) tulangan utama = 400 Mpa
- Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 Mpa
- Diameter Tulangan = D 19 mm
- Rasio tulangan

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 * f'_c * \beta_1}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3})$$

$$= \frac{0,85 * 30 * 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0325$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3})$$

$$= 0,75 \times 0,0325 = 0,0244$$

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

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Ps.12.5.1, pada setiap penampang dari suatu komponen lentur, luas As yang ada tidak boleh kurang dari :

$$As_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} b_w \cdot d = \frac{\sqrt{30}}{4 \cdot 400} \times 400 \times 516,5 = 707,25 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot d = \frac{1,4}{400} \times 400 \times 516,5 = 723,10 \text{ mm}^2 \quad (\text{menentukan})$$

dan rasio tulangan  $\rho$  tidak boleh melebihi 0,025 menurut SNI 03-2847-2002 Ps.23.3.2).(1)

Beberapa persyaratan yang perlu dipenuhi untuk komponen struktur pada System Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang memikul gaya akibat beban gempa dan

direncanakan untuk memikul lentur, seperti yang disyaratkan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.1 adalah



### 5.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok (40/60)

Perhitungan tinggi efektif (jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik).

Apabila dipasang dua lapis tulangan (prediksi) :

$$d = 600 - \left( 40 + 12 + 19 + \left( \frac{25}{2} \right) \right) = 516,5 \text{ mm}$$

$$d' = \left( 40 + 12 + 19 + \left( \frac{25}{2} \right) \right) = 83,5 \text{ mm}$$

Apabila dipasang satu lapis tulangan (prediksi) :

$$d = 600 - \left( 40 + 12 + \left( \frac{19}{2} \right) \right) = 538,5 \text{ mm}$$

$$d'' = \left( 40 + 12 + \left( \frac{19}{2} \right) \right) = 61,5 \text{ mm}$$

### Balok memanjang ( As-A lantai 1 )

Sebagai contoh perhitungan pada bentang ujung frame 448 kombinasi 3 (1,2DL + 1LL + 1Spec 1), dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000 didapat :

$$M^-_1 = 422.473.511 \text{ Nmm}$$

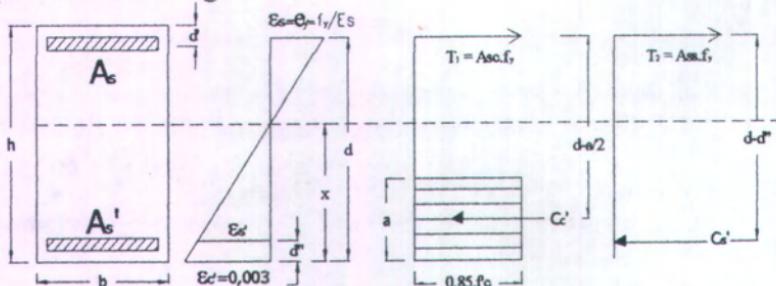
$$M^-_2 = 426.321.831 \text{ Nmm}$$

$$M^+ = 187.910.713 \text{ Nmm}$$

#### 5.2.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Tumpuan Tumpuan 1

$$M^-_1 = 422.473.511 \text{ Nmm}$$

Direncanakan dengan tulangan rangkap, maka langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :



Gambar 5.1 Diagram Tegangan Regangan Tulangan Rangkap

$$\phi M_n^- = 0,8 \times 581.909.455,2$$

$$= 465.527.556,2 \text{ Nmm} > 422.473.511 \text{ Nmm} \dots\dots \text{OK!}$$

### Perhitungan Momen Probabel ( Di Tumpuan )

#### Momen Probabel Negatif ( $M_{pr}^-$ )

Tulangan terpasang 11 D 19 As = 3118,82 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{3118,82(1,25.400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 152,88 \text{ mm}$$

$$M_{nak}^- = As.fy(d - \frac{a}{2}) = 3118,82 \times 400 \times (513,09 - \frac{152,88}{2}) \\ = 544.733.101,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \times 544.733.101,2 = 680.916.376,5 \text{ Nmm}$$

#### Momen Probabel Positif ( $M_{pr}^+$ )

Tulangan terpasang 6 D 19 As = 1701,17 mm<sup>2</sup>

$$a = \frac{1701,17(1,25.400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 83,39 \text{ mm}$$

$$M_{nak} = As.fy(d - \frac{a}{2}) = 1701,17 \times 400 \times (513,09 - \frac{83,39}{2}) \\ = 320.768.979,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \times 320.768.979,4 = 400.961.224,2 \text{ Nmm}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 23.3.2), Kuat lentur positif ( $M_{pr}^+$ ) komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya ( $M_{pr}^-$ ) pada muka kolom.

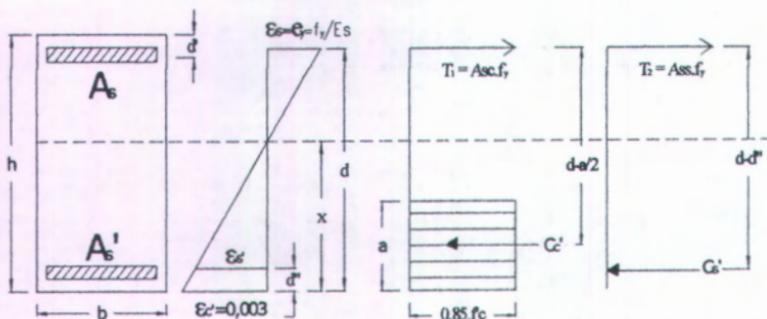
$$M_{pr}^+ > 0,5 M_{pr}^-$$

$$320.768.979,4 \text{ Nmm} > 0,5 \times 544.733.101,2 = 272.366.550,6 \text{ Nmm}$$

### Tumpuan 2

$$M_{pr}^- = 426.321.831 \text{ Nmm}$$

Direncanakan dengan tulangan rangkap, maka langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :



Gambar 5.2 Diagram Tegangan Regangan Tulangan Rangkap (Kondisi Balanced)

Analisa penampang balok dengan tulangan rangkap.

Ambil harga  $x \leq 0,75x_b$

$$x_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) d = \left( \frac{600}{600 + 400} \right) 516,5 = 309,9 \text{ mm}$$

Direncanakan  $x = 0,5 \cdot x_{\max}$

$$x = 0,5 \cdot x_{\max} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot x_b = 0,375 \cdot 309,9 = 116,21 \text{ mm} \approx 120 \text{ mm}$$

Tulangan tarik yang mengimbangi tekan beton:

$$C_c' = T_1$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{sc} \cdot f_y$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \times 400 \times 120}{400}$$

$$= 2601 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) = 2601 \cdot 400 \left( 516,5 - \frac{0,85 \cdot 120}{2} \right)$$

$$= 484.306.200 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{426.321.831}{0,8} = 532.902.288,80 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 532.902.288,80 - 484.306.200$$

$$= 48.596.088,75 \text{ Nmm} > 0$$

Karena  $M_n - M_{nc} > 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan tekan sehingga direncanakan dengan *tulangan rangkap* maka :

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{(d - d'')} = \frac{48.596.088,75}{(516,5 - 61,5)} = 106.804,59 \text{ N}$$

$$f'_s = \left(1 - \frac{d''}{x}\right)600 = \left(1 - \frac{61,5}{120}\right)600 = 292,5 < f_y, \text{ tulangan tekan}$$

tidak leleh  $f'_s = f_s$  dan apabila  $f_s \geq f_y$ , maka  $f_s = f_y$

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f'_s - 0,85 \cdot f'_c)} = \frac{106.804,59}{(292,5 - 0,85 \cdot 30)} = 400,02 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik yang mengimbangi tulangan tekan  $C_s'$ :

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} = \frac{106.804,59}{400} = 267,01 \text{ mm}^2$$

Sehingga tulangan tarik perlu (tumpuan atas):

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} = 2601 + 267,01 = 2868,01 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 11 D19 ( $A_s$  pasang = 3118,82 mm<sup>2</sup>)

tulangan tekan (tumpuan bawah):

$A_s' = 400,02 \text{ mm}^2$ , untuk memenuhi pasal pasal 23.3.2).(2), maka

$$A_s' = 0,5 \cdot A_s$$

$$A_s' = 0,5 \times 3118,82 = 1559,41 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 6 D19 ( $A_s$  pasang = 1701,17 mm<sup>2</sup>)

**Kontrol :**

- Spasi =  $\left(\frac{600 - (2.40) - (2.12) - (7.19)}{6}\right) = 60,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$

▪ Kemampuan penampang

$$A_s(\text{aktual}) = 3118,82 \text{ mm}^2$$

$$A_s'(\text{aktual}) = 1701,17 \text{ mm}^2$$

$$d(\text{aktual}) = 600 - 40 - 12 - 19 - \left(\frac{7}{11} \cdot 25\right) = 513,09 \text{ mm}$$

$$a = \frac{A_s f_y - A_s' f_s'}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(3118,82 \cdot 400) - (1701,17 \cdot 292,5)}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 73,52 \text{ mm}$$

$$M_n^- = C_c' \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s' (d - d'')$$

$$M_n^- = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \cdot f_s' (d - d'')$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 73,52 \cdot 400 \left( 513,09 - \frac{73,52}{2} \right) + 1701,17 \cdot 292,5 (513,09 - 61,5)$$

$$= 357.201.772,30 + 224.707.672,90 = 581.909.455,2 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n^- = 0,8 \times 581.909.455,2$$

$$= 465.527.556,2 \text{ Nmm} > 426.321.831 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

### Perhitungan Momen Probabel ( Di Tumpuan )

#### Momen Probabel Negatif ( $M_{pr}^-$ )

Tulangan terpasang 11 D 19  $A_s = 3118,82 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{3118,82(1,25 \cdot 400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 152,88 \text{ mm}$$

$$M_{nak}^- = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 3118,82 \times 400 \times \left( 513,09 - \frac{152,88}{2} \right)$$

$$= 544.733.101,2 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \cdot M_{nak}^- = 1,25 \times 544.733.101,2 = 680.916.376,5 \text{ Nmm}$$

#### Momen Probabel Positif ( $M_{pr}^+$ )

Tulangan terpasang 6 D 19  $A_s = 1701,17 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{1701,17(1,25 \cdot 400)}{0,85 \times 30 \times 400} = 83,39 \text{ mm}$$

$$M_{nak} = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1701,17 \times 400 \times \left( 513,09 - \frac{83,39}{2} \right)$$

$$= 320.768.979,4 \text{ Nmm}$$

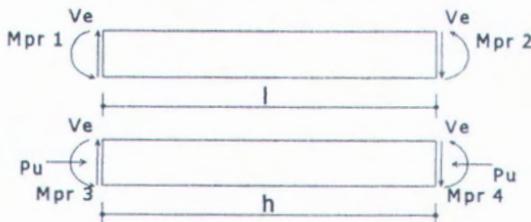
$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot M_{nak} = 1,25 \times 320.768.979,4 = 400.961.224,20 \text{ Nmm}$$

$$\text{Untuk Kolom } V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{H}$$

Beban gravitasi  $W_u = 1,2 D + 1,0 L$

$$a = \frac{A_s(1,25.f_y)}{0,85.f'c.b}$$

$$M_{pr^{+/-}} = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$



Gambar 5.6 Perencanaan Geser Untuk Balok-Kolom  
Dari perhitungan sebelumnya didapat :

$$M_{pr^-} = 680.916.376,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr^+} = 400.961.224,2 \text{ Nmm}$$

#### 5.2.1.4 Penulangan Geser Balok

Perhitungan Gaya Geser Pada Tumpuan Balok :

$$V_e = (M_{pr^+} + M_{pr^-}) / L + W_u L / 2$$

$$W_u = \text{beban gravitasi} (1.2D + 1.0L)$$

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut

$$s < d / 4 = 516,5 / 4 = 129,125 \text{ mm} \rightarrow \text{daerah sendi plastis}$$

$$s < d / 2 = 516,5 / 2 = 258,25 \text{ mm} \rightarrow \text{diluar daerah sendi plastis}$$

$$s < 8 \times D \text{ tulangan memanjang} = 8 \times 19 = 152 \text{ mm} \rightarrow \text{daerah sendi plastis}$$

$$s < 24 \times D \text{ tulangan sengkang} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm} \rightarrow \text{daerah sendi plastis}$$

Untuk penulangan geser balok menggunakan  $M_{pr^{+/-}}$  balok.

$$L_n = 6000 - 750 = 5250 \text{ mm}$$

$$M_{pr^-} = 680.916.376,5 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr^+} = 400.961.224,2 \text{ Nmm}$$

Gaya geser total didaerah sendi plastis (muka kolom s/d 2 h) :

Gaya geser akibat beban gravitasi dimuka kolom (dari output SAP 2000) :

$$V_g = 151.284,04 \text{ N (Comb : 1,2 DL + 1,0 LL)}$$

Akibat  $M_{pr}$  dengan metode keseimbangan gaya diperoleh reaksi diujung-ujung balok  $V_A$  dan  $V_B$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{A \text{ Gempa}} &= -V_{B \text{ Gempa}} = \{M_{pr^+} + M_{pr^-}\} / L_n \\ &= \{680.916.376,5 + 400.961.224,2\} / 5250 \\ &= 206.071,92 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser total :

$$\begin{aligned} V_{u,A} &= V_{\text{gempa}} + V_{\text{gravitasi}} \\ &= 206.071,92 \text{ N} + 151.284,04 \text{ N} \\ &= 357.355,96 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u,B} &= -V_{\text{gempa}} + V_{\text{gravitasi}} \\ &= -206.071,92 \text{ N} + 151.284,04 \text{ N} \\ &= -54.787,88 \text{ N} \end{aligned}$$

Biasanya kuat geser ditahan oleh beton ( $V_c$ ) dan tulangan dalam bentuk tulangan transversal. Namun pada komponen struktur penahan SPBL berlaku ketentuan SNI 03-2847-2002 Ps. 23.3.4.2 yang menyatakan  $V_c = 0$  apabila :

- Gaya geser akibat gempa saja (yaitu akibat  $M_{pr}$ )  $> 0,5$  total geser (akibat  $M_{pr}$  + beban gravitasi) dan
- Gaya aksial tekan  $< \frac{A_g \times f'_c}{20}$

Dalam hal ini gaya geser akibat gempa =  
 $206.071,92 > 0,5 \times 357.355,96 = 178.677,98 \text{ N}$

Dan gaya aksial yang kecil sama sekali maka  $V_c = 0$  sehingga :  
 $\phi = 0,75$  (SNI 03-2847-2002 ps.11.3.1)(3)

$$V_s = \frac{V_u, A}{\phi} - V_c = \frac{357.355,96}{0,75} - 0 = 476.474,61 \text{ N}$$

Diameter sengkang = 12 mm

$$A_v = 226,2 \text{ mm}^2 \text{ (sengkang 2 kaki)}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$S = \frac{Av.fy.d}{V_s} = \frac{226,2 \times 400 \times 513,09}{476.474,61} = 97,43 \text{ mm} < S_{maks}$$

kontrol kuat geser nominal tak boleh lebih besar dari Vs mak (Ps.13.5(6(9)):

$$V_s < Vs \text{ mak} = \frac{2}{3} bw.d \sqrt{f'_c} = \frac{2}{3} 400.513,09 \cdot \sqrt{30} = 749.415,91 \text{ N}$$

$$V_s > \frac{1}{3} bw.d \sqrt{f'_c} = \frac{1}{3} \cdot 400.513,09 \cdot \sqrt{30} = 374.707,96 \text{ N}$$

dipasang 2 φ 12 - 75 mm sejauh  $2 \times h = 2 \times 600 = 1200$  mm dari muka kolom, dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom.

#### Gaya geser total diluar sendi plastis ( $> 2h$ ) :

Langkah pertama adalah menentukan besarnya gaya geser yang bekerja pada jarak 1200 mm dari muka kolom (akhir dari daerah sendi plastis).

$$V_{U,1200} = 357.355,96 - \left( \frac{1200}{5250} \times 357.355,96 \right) = 275.674,59 \text{ N}$$

Dimana untuk daerah di luar sendi plastis ini, kuat geser beton turut diperhitungkan yakni sebesar :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 400.538,5 = 196.632,398 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_{U,1200}}{\phi} - V_c = \frac{275.632,398}{0,75} - 196.632,398 = 170.877,47 \text{ N}$$

Diameter sengkang = 12 mm

$$A_v = 226,2 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

$$S = \frac{Av.fy.d}{Vs} = \frac{226,2 \times 400 \times 538,5}{170.877,47} = 285,13 \text{ mm} < S_{\text{maks}}$$

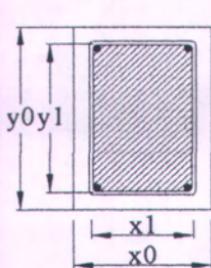
jadi dipasang  $2 \phi 12 - 250 \text{ mm}$

### 5.2.1.5 Penulangan Torsi

#### Kontrol Torsi

Diketahui data – data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_u &= 472.357,96 \text{ Nmm} && (\text{SAP 2000}) \\ V_u = V_e &= 357.355,96 \text{ N} && (\text{Dari perhitungan geser sebelumnya}) \\ A_s \text{ perlu} &= 2859,34 \text{ mm}^2 \\ A_s' \text{ perlu} &= 387,03 \text{ mm}^2 \\ f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\ f_{yl} &= f_{yy} = 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



Dari gambar disamping, dengan mengasumsikan penutup bersih 40 mm dan sengkang  $\phi 12$ .

$$A_{cp} = 400 \times 600 = 240.000 \text{ mm}^2$$

$$p_{cp} = 2(x_0 + y_0) = 2(400 + 600) = 2000 \text{ mm}$$

$$x_1 = 400 - 2(40 + 6) = 308 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2(40 + 5) = 508 \text{ mm}$$

$$p_h = 2(x_1 + y_1) = 2(308 + 408) = 1632 \text{ mm}$$

$$d = 600 - \left( 40 + 12 + 19 + \left( \frac{25}{2} \right) \right) = 516,5 \text{ mm}$$

$$d' = \left( 40 + 12 + 19 + \left( \frac{25}{2} \right) \right) = 83,5 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 308 \times 508 = 156.464 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \times 156.464 = 132.944,40 \text{ mm}^2$$

$$\theta = 45^\circ, \quad \cot \theta = 1,0$$

Cek jika torsi harus diperhitungkan

$$T_u = \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (\text{SNI } 03 - 2847 - 2002 \text{ Ps.13.6.1})$$

$$= \frac{0,75\sqrt{30}}{12} \left( \frac{240.000^2}{2000} \right)$$

$$= 9.859.006,035 \text{ Nmm}$$

$$= 9.859.006,035 \text{ Nmm} > 472.357,96 \text{ Nmm}$$

Torsi tidak diperhitungkan.

Dipasang tulangan praktis  $2\phi 12 \text{ mm}$



### 5.2.1.6 Kontrol Lendutan

Sesuai dengan SNI 03-2874-2002 tabel 8, maka tebal minimum balok:

- balok satu ujung menerus  $h_{\min} = \frac{L}{18,5}$

Jadi untuk balok dengan  $L = 6000 \text{ mm}$  dengan menggunakan  $f_y = 400 \text{ MPa}$ , maka  $h_{\min}$  adalah:

$$h_{\min} = \frac{L}{18,5} = \frac{6000}{18,5} = 324,32 \text{ mm}$$

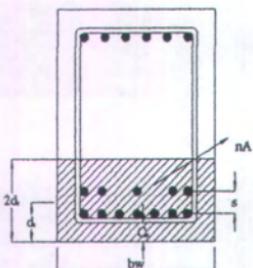
Ketentuan di atas sudah terpenuhi karena  $h_{\text{balok}} = 600 \text{ mm}$

### 5.2.1.7 Kontrol Retak

Bila tegangan leleh rencana  $f_y$  untuk tulangan tarik melebihi  $300 \text{ MPa}$ , maka penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus dirancang sedemikian hingga nilai  $z$  yang diberikan oleh:

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c A} \quad (\text{SNI } 03 - 2847 - 2002 \text{ Ps. 12.6.4.24})$$

Tidak melebihi  $30 \text{ MN/m}$  untuk penampang di dalam ruangan



Gambar 5.7 Gambar Luas Tarik Efektif Beton

dimana:

$$f_s = \text{tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja, dapat diambil } 0,6 f_y \\ = 0,6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$$

$d_c$  = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan

$$d_c = \left( 40 + 12 + 19 + \left( \frac{7,25}{11} \right) \right) = 86,91 \text{ mm}$$

$A$  = luas efektif beton tarik di sekitar lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan tersebut dibagi jumlah batang tulangan

$$A = \frac{2 \times d_c \times b}{n}; n = \text{jumlah batang tulangan per lebar balok } b \\ = \frac{2 \times 86,91 \times 400}{7} \\ = 9932,47 \text{ mm}^2$$

$$z = f_s \times \sqrt[3]{d_c A} \\ = 240 \times \sqrt[3]{86,91 \times 9932,47} = 22.851,79 \text{ N/mm} \\ = 22,85 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m .....OK!}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai  $z$ , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \times 10^{-6} \times \beta \times f_s \times \sqrt[3]{d_c \times A} \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ Ps. } 12.6.4.25)$$

dimana :

$$\omega = \text{lebar retak dalam mm} \times 10^{-6}$$

$$\beta = 0,8$$

$$\begin{aligned}\omega &= 11 \times 10^{-6} \times 0,8 \times 22,85 \times 10^3 \\ &= 0,20 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan.

Selain itu, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$\begin{aligned}s &= \frac{95000}{f_s} - 2,5 c_c \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ Ps. } 12.6.4.26) \\ &= \frac{95000}{240} - 2,5 \cdot 40 \\ &= 295,83 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned}&= 300 \times \left( \frac{252}{f_s} \right) \\ &= 300 \times \left( \frac{252}{240} \right) \\ &= 315 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 5.2.1.8 Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D19 berdasarkan SNI 03-2874-2002 adalah sebagai berikut:

Panjang penyaluran  $\lambda_{dh}$  untuk tulangan tarik dengan kait standar  $90^\circ$  dalam beton normal tidak boleh diambil lebih kecil daripada :

- 1)  $8 d_b = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$
- 2) 150 mm

$$3) \quad \lambda_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \cdot \sqrt{f'_c}} = \frac{400 \cdot 19}{5,4 \cdot \sqrt{30}} = 256,96 \text{ mm}$$

Jadi  $\lambda_{dh} = 260$  mm masuk dalam kolom dengan kait 12  $d_b = 12 \times 19 = 228$  mm pasal 9.1.(2).

*Panjang penyaluran tulangan tarik:*

Diketahui  $db = 19$  mm;  $\alpha = 1,3$ ;  $\beta = 1,0$ ;  $\lambda = 1,0$

$$\lambda_b = db \frac{3 fy \alpha \beta \lambda}{5 \sqrt{fc'}} = 19 \times \frac{3 \times 400 \times 1,3 \times 1 \times 1}{5 \times \sqrt{30}} = 832,54 \text{ mm}$$

$$\lambda_b > 300 \text{ mm}$$

dipakai panjang penyaluran tulangan tarik 1000 mm

*Panjang penyaluran tulangan tekan:*

$$\lambda_b = db \frac{fy}{4 \sqrt{fc'}} = 19 \times \frac{400}{4 \times \sqrt{30}} = 347 \text{ mm}$$

$$\lambda_b > 200 \text{ mm}$$

tetapi tidak kurang dari:

$$\lambda_b = 0,04 db fy = 0,04 \times 19 \times 400 = 304 \text{ mm}$$

dipakai panjang penyaluran tulangan tekan 400 mm

*Panjang penyaluran tulangan momen positif:*

$$\lambda_b \geq 150 \text{ mm}$$

*Panjang penyaluran tulangan momen negatif:*

$$\lambda_b \geq \frac{1}{3} As = \frac{1}{3} \times 3402,34 = 1134,11 \text{ mm}$$

$$\lambda_b \geq d = 538,5 \text{ mm}$$

$$\lambda_b \geq 12 db = 12 \times 19 = 228 \text{ mm}$$

$$\lambda_b \geq \frac{Ln}{16} = \frac{6000}{16} = 375 \text{ mm}$$

dipakai panjang penyaluran tulangan momen negatif 700 mm

### 5.3 Perhitungan Penulangan Balok Kantilever

Dimensi balok kantilever 30x45 cm dengan bentang 180 cm

- Pembebanan Pada Plat Lantai

Dari data perhitungan pembebanan sebelumnya didapat :  
Beban mati ( $q$ ) = 376 kg/m<sup>2</sup>

Beban hidup ( $q$ ) = 250 kg/m<sup>2</sup>

◆ Pembebanan Balok Anak (20/30 dengan bentang 6 m)

- Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,20 \times 0,3 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plat} = \frac{1}{2} \times 376 \times 1,5 \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{1,5}{5,75} \right)^2 \right) = 275,60 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Dinding} = 250 \times 3,3 = 825,00 \text{ kg/m} +$$

$$q_{DL} = 1244,60 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{Plat} = \frac{1}{2} \times 250 \times 1,5 \times \left( 1 - \frac{1}{3} \left( \frac{1,5}{5,75} \right)^2 \right) = 183,25 \text{ kg/m}$$

$$q_{LL} = 183,25 \text{ kg/m}$$

- Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 1244,60) + (1,6 \times 183,25) \\ &= 1786,72 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

*Reaksi perletakan*

$$V_a = V_b = \frac{1}{2} \times qu \times L = \frac{1}{2} \times 1786,72 \times 6 = 5360,16 \text{ kg (P}_1\text{)}$$

◆ Pembebanan Balok Kantilever

- Beban Mati

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,30 \times 0,45 \times 2400 = 324 \text{ kg/m}$$

$$\text{Plat} = \frac{1}{3} \times 376 \times 1,5 \times 2 = 376 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat Dinding} = 250 \times 3,3 = 825 \text{ kg/m} +$$

$$q_{DL} = 1525 \text{ kg/m}$$

- Beban Hidup

$$\text{Plat} = \frac{1}{3} \times 250 \times 1,5 \times 2 = 250 \text{ kg/m}$$

$$q_{LL} = 250 \text{ kg/m}$$

- Beban Berfaktor :

$$\begin{aligned} qu &= 1,2 q_{DL} + 1,6 q_{LL} \\ &= (1,2 \times 1525) + (1,6 \times 250) \\ &= 2230 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Gaya-gaya dalam yang terjadi

$$M = \frac{1}{2} \times qu \times l^2 + Pu \times l$$

$$= \frac{1}{2} \times 2230 \times 1,8^2 + (5360,16 \times 1,8) = 13260,888 \text{ kgm}$$

$$V_u = \left( \frac{q_u \cdot L}{2} \right) + P_1 = \frac{2230 \times 1,8}{2} + 5360,16 = 7367,16 \text{ kg}$$

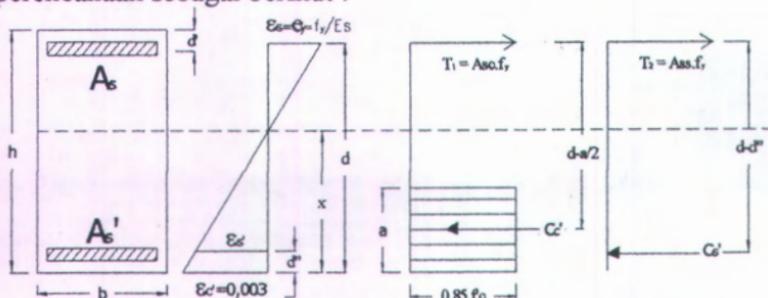
### 5.3.1 Perhitungan Tulangan Lentur

$$M_1 = 132.608.880 \text{ Nmm}$$

$$d = 450 - \left( 40 + 12 + \left( \frac{19}{2} \right) \right) = 388,5 \text{ mm}$$

$$d' = \left( 40 + 12 + \left( \frac{19}{2} \right) \right) = 61,5 \text{ mm}$$

Direncanakan dengan tulangan rangkap, maka langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :



Gambar 5.8 Diagram Tegangan Regangan Tulangan Rangkap (Kondisi Balanced)

Analisa penampang balok dengan tulangan rangkap.

Ambil harga  $x \leq 0,75x_b$

$$x_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) d = \left( \frac{600}{600 + 400} \right) 388,5 = 233,1 \text{ mm}$$

Direncanakan  $x = 0,5 \cdot x_{\max}$

$$x = 0,5 \cdot x_{\max} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot x_b = 0,375 \cdot 233,1 = 87,41 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm}$$

Tulangan tarik yang mengimbangi tekan beton:

$$C_c' = T_1$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_{sc} \cdot f_y$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot x}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30 \times 300 \times 90}{400}$$

$$= 1463,06 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \left( d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right) = 1463,06 \cdot 400 \left( 388,5 - \frac{0,85 \cdot 90}{2} \right)$$

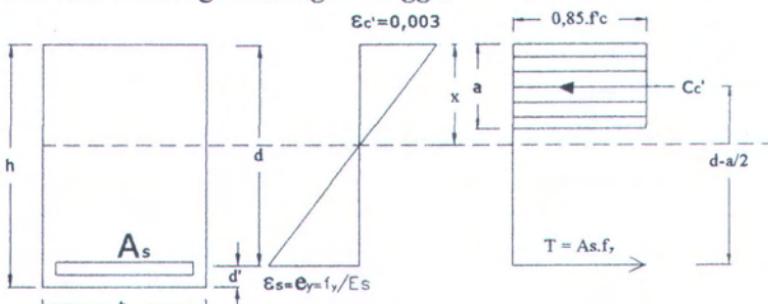
$$= 204.974.706 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{132.608.880}{0,8} = 165.761.100 \text{ Nmm}$$

$$M_n - M_{nc} = 165.761.100 - 204.974.706$$

$$= -39.213.606 \text{ Nmm} < 0$$

Karena  $M_n - M_{nc} < 0 \rightarrow$  maka perlu tulangan tekan sehingga direncanakan dengan *tulangan tunggal* maka :



Gambar 5.9 Diagram Tegangan Regangan Tulangan Tunggal (Kondisi Balanced)

*Analisa penampang balok dengan tulangan tunggal.*

$$C = T$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$M_n = (C \text{ atau } T) \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \rho \left( \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \right) d$$

$$M_n = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y \left( d - \frac{\rho}{2} \left( \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} \right) d \right), \text{ dibagi dengan } b \cdot d^2 \text{ dan}$$

$$\text{menuliskan } m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \rho \cdot f_y \left( 1 - \frac{1}{2} \cdot m \right), \text{ sehingga}$$

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

*Tulangan tarik :*

$$\text{Dengan } M_n = 165.761.100 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{165.761.100}{300 \times 388,5^2} = 3,67 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,67}{400}} \right) = 0,009925$$

$$A_s = \rho \times b \times d = 0,009925 \times 300 \times 388,5 = 1156,74 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan } 5 D 19 \left( A_{s \text{ pasang}} = 1417,64 \text{ mm}^2 \right)$$

$$A'_s = 0,5 * A_s = 0,5 \times 1156,74 = 578,37 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan } 3 D 19 \left( A_{s \text{ pasang}} = 850,155 \text{ mm}^2 \right)$$

### Kontrol

- Spasi

$$= \left( \frac{300 - (2.40) - (2.12) - (5.19)}{4} \right) = 25,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

- Kemampuan penampang

$$A_s (\text{aktual}) = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A'_s (\text{aktual}) = 850,155 \text{ mm}^2$$

$$d = 450 - \left( 40 + 12 + \left( \frac{19}{2} \right) \right) = 388,5 \text{ mm}$$

$$C_c = T$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1417,64 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 55,59 \text{ mm}$$

$$M_n^- = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1417,64 \cdot 400 \left( 388,5 - \frac{55,59}{2} \right) \\ = 204.538.878,2 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n^- = 0,8 \times 204.538.878,20$$

$$= 163.631.102,6 \text{ Nmm} > M_u = 132.608.880 \text{ Nmm} \dots \dots \text{OK}$$

### 5.3.2 Perhitungan Penulangan geser

Digunakan asumsi  $V_c = 0$  ( SNI 03.2847.2002 pasal 23.3.4.2a )  
Sehingga :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - 0$$

$$= \frac{73.671,6}{0,6}$$

$$= 122.786 \text{ N}$$

kontrol terhadap  $V_s$  max sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 13.5.6

$$\begin{aligned} V_{s\max} &= \frac{2}{3} x \sqrt{f_c} x b x d \\ &= \frac{2}{3} x \sqrt{30} x 300 x 388,5 \\ &= 425.580,43 \text{ N} > 370.389,83 \text{ N} \dots \dots \text{(OK)} \end{aligned}$$

rencana tulangan transversal diameter = 12 mm

$A_v = 226,2 \text{ mm}^2$  (2 kaki)

Jarak tulangan geser :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{226,2 \times 400 \times 388,5}{122.786} = 286,28 \text{ mm}$$

jarak tulangan transversal maksimum pada daerah sampai dengan  $2h$  dari muka kolom tidak boleh melebihi (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.4.2) :

1.  $\frac{d}{4} = \frac{388,5}{4} = 97,125 \text{ mm}$
2.  $8 \times \text{diameter tulangan longitudinal terkecil} = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$
3.  $24 \times \text{diameter sengkang} = 24 \times 12 = 288 \text{ mm}$
4.  $300 \text{ mm}$

sesuai dengan ketentuan diatas maka didapatkan tulangan geser dengan  $\varnothing 12 - 75 \text{ mm}$ .

## 5.4 Perhitungan Struktur Kolom

### 5.4.1 Perhitungan Kolom Tingkat 1 s/d 4

#### 5.4.1.1 Data Perencanaan

Dalam perencanaan ini kolom direncanakan dengan sistem cor di tempat, sebagai contoh perhitungan diambil kolom tengah As F-8 dengan data-data sebagai berikut:

Dimensi kolom =  $750 \times 750 \text{ mm}^2$

Mutu beton,  $f'_c$  = 30 MPa

Mutu baja,  $f_y$  = 400 MPa

Selimut beton ( $c_c$ ) = 40 mm

Tulangan utama = D22 mm

Sengkang = Ø12 mm

$$\begin{aligned} d &= h - c_c - \phi_s - \left( \frac{1}{2} \cdot D_{tul.\text{utama}} \right) \\ &= 750 - 40 - 12 - \left( \frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\ &= 687 \text{ mm} \end{aligned}$$

$A_s$  11 D19 =  $3118,82 \text{ mm}^2$

$A_s'$  6 D19 =  $1701,17 \text{ mm}^2$

Dimensi balok =  $400 \times 600 \text{ mm}^2$

Tulangan utama = D19 mm

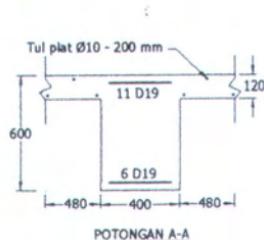
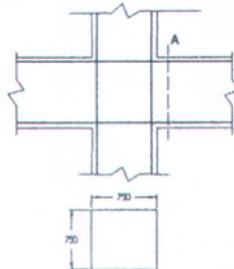
Sengkang = Ø12 mm

Selimut beton (p) = 40 mm

Plat Lantai Tebal = 120 mm

$b_e$  = 1360 mm

Tulangan Plat Lantai = Ø 10 – 200 mm



Gambar 5.10 Detail Balok yang Menyatu pada Kolom

### 5.4.1.2 Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom

Tabel 5.4 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 1 dan 2

No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	4004,01	7,57	6,42
2	1,2 DL + 1,6 LL	5072,47	7,61	5,67
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	4515,94	499,01	153,12
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	4515,94	499,01	153,12
5	0,9 DL + 1 Spec 1	2616,76	498,01	153,11
6	0,9 DL - 1 Spec 1	2616,76	498,60	153,11

Tabel 5.5 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 2 dan 3

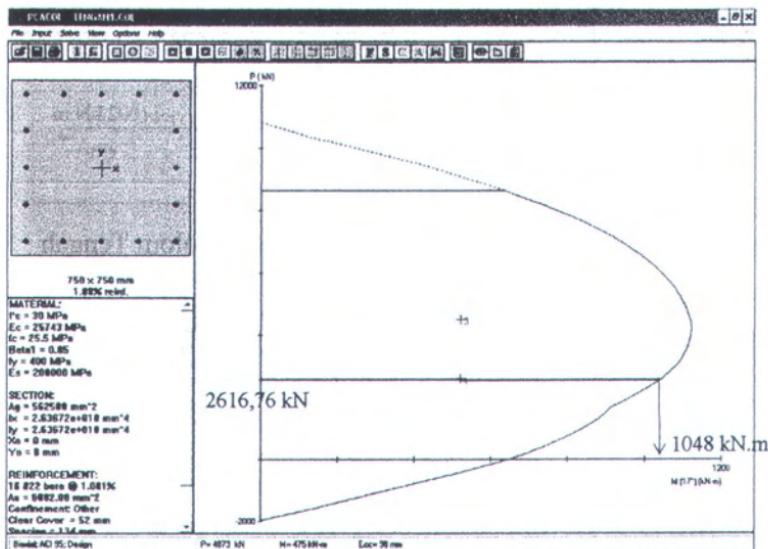
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	3455,19	9,81	4,27
2	1,2 DL + 1,6 LL	4371,15	12,70	7,09
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	3912,31	377,73	119,33
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	3912,31	377,73	119,33
5	0,9 DL + 1 Spec 1	2275,05	373,36	113,12
6	0,9 DL - 1 Spec 1	2275,05	373,36	113,12

Tabel 5.6 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 1 dan 2

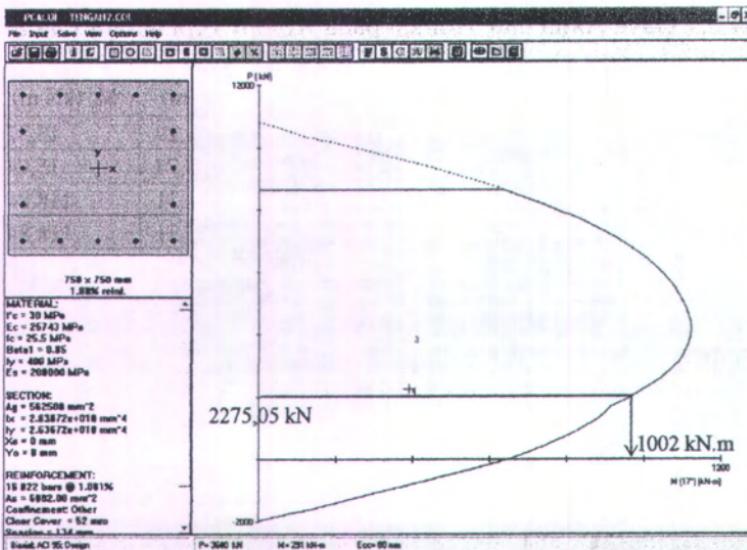
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	3370,93	96,95	8,10
2	1,2 DL + 1,6 LL	3887,87	124,75	8,31
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	4066,37	509,94	154,30
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	4066,37	509,94	154,30
5	0,9 DL + 1 Spec 1	2704,08	487,61	154,76
6	0,9 DL - 1 Spec 1	2704,08	487,61	154,76

Tabel 5.7 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 2 dan 3

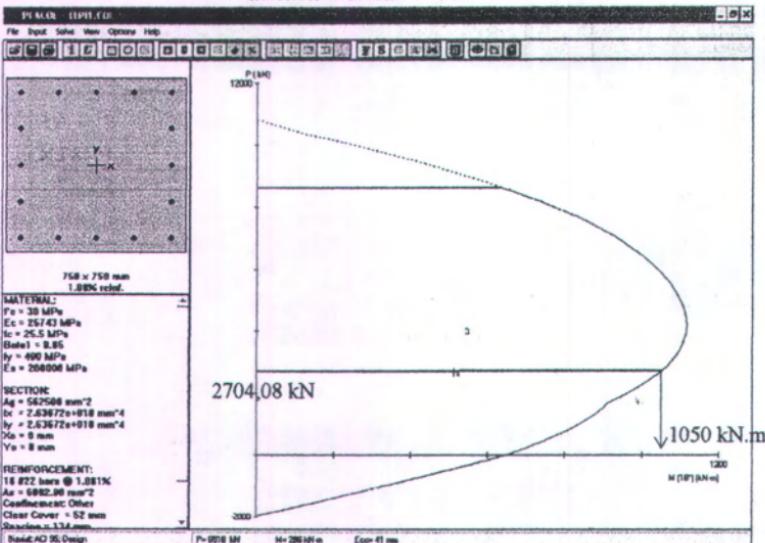
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	3070,84	63,29	13,37
2	1,2 DL + 1,6 LL	3531,88	98,74	15,04
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	3617,33	327,31	118,84
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	3617,33	327,31	118,84
5	0,9 DL + 1 Spec 1	2396,96	285,95	113,73
6	0,9 DL - 1 Spec 1	2396,96	285,95	113,73



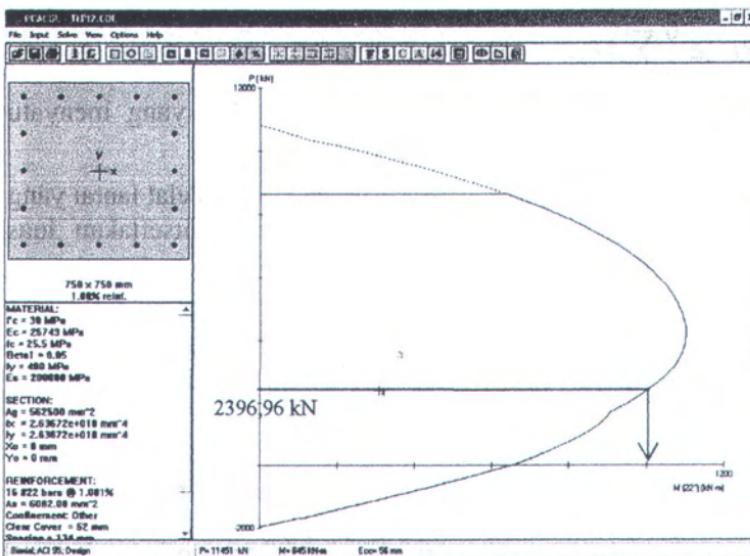
Gambar 5.11 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 1 dan 2



Gambar 5.12 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 2 dan 3

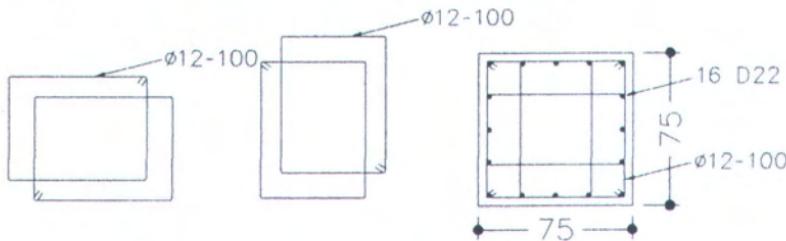


Gambar 5.13 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 1 dan 2



Gambar 5.14 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 2 dan 3

Berdasarkan kombinasi beban diatas, cukup diberi tulangan sebanyak 1,08 % (16 D 22). Seperti terlihat pada gambar diatas, sebuah diagram interaction yang dibuat dengan program PCACOL. Prosentase kolom ini sesuai syarat SNI 03 –2847–2002 Ps. 23.4.3.1 yaitu antara 1 %-6 % telah dipenuhi.



Gambar 5.15 Tulangan Memanjang Kolom Lt. 1 – 4

#### 5.4.1.3 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Persyaratan "strong column weak beam" dipenuhi dengan persamaan 121 SNI 03 – 2847 – 2002 Ps.23.4.2.2. yaitu :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

Nilai  $\sum M_g$  adalah jumlah  $M_g^+$  dan  $M_g^-$  balok yang menyatu dengan kolom.

Karena balok yang menyatu pada kolom terdapat pelat lantai yang menyatu juga, maka perhitungan  $M_g^-$ , mengikutsertakan luas tulangan pelat selebar b efektif.

Tulangan terpasang pada balok :

$$\begin{aligned} A_s \text{ 11 D19} &= 3118,82 \text{ mm}^2 \\ A_s' \text{ 6 D19} &= 1701,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

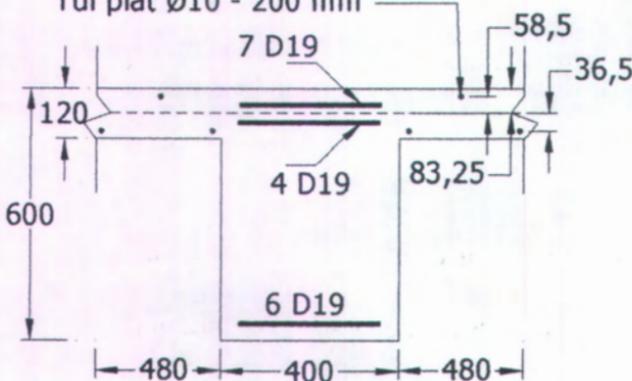
Perhitungan  $\sum M_g$  :

$$A_s = 3118,82 + \left( 2 \left( \frac{480}{200} \right) 0,25 \pi \cdot 10^2 \cdot 2 \right) = 3872,80 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d_{atas} &= \left( 600 - 40 - 12 - 19 - \left( \frac{7}{11} \right) \times 25 \right) - \left( \left( \frac{376,99}{3872,80} \right) \cdot 58,5 \right) \\ &\quad + \left( \left( \frac{376,99}{3872,80} \right) \cdot 36,5 \right) = 510,95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{bawah} = \left( 600 - 40 - 12 - \frac{19}{2} \right) = 538,5 \text{ mm}$$

Tul plat Ø10 - 200 mm



Besarnya  $M_g^+$  adalah :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1701,17 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 66,71 \text{ mm}$$

$$M_g^+ = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1701,17 \cdot 400 \left( 538,5 - \frac{66,71}{2} \right) \\ = 343.735.007,9 \text{ Nmm}$$

Besarnya  $M_g^-$  adalah :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{3872,80 \cdot 400}{0,85 \cdot 30 \cdot 400} = 151,87 \text{ mm}$$

$$M_g^- = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 3872,80 \cdot 400 \left( 510,95 - \frac{151,87}{2} \right) \\ = 673.890.436,8 \text{ Nmm}$$

$$\frac{6}{5} \sum M_g = \frac{6}{5} (343.735.007,9 + 673.890.436,8) / 0,8 \\ = 1.272.031.806 \text{ Nmm}$$

$M_c$  kolom tengah antara lantai 1 dan 2 diperoleh sebesar 1048 kNm dari Pu terkecil = 2616,76 kN. Dengan cara yang sama  $M_c$  kolom tengah antara lantai 2 dan 3 diperoleh sebesar 1002 kNm dari Pu terkecil = 2275,05 kN

$$\sum M_c = (1.048.000.000 + 1.002.000.000) / 0,65 \\ = 3.153.846.154 \text{ Nmm}$$

Sehingga :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

$3.153.846.154 \text{ Nmm} \geq 1.272.031.806 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK!}$

$M_c$  kolom tepi antara lantai 1 dan 2 diperoleh sebesar 1050 kNm dari Pu terkecil = 2704,08 kN. Dengan cara yang sama  $M_c$  kolom tepi antara lantai 2 dan 3 diperoleh sebesar 1004 kNm dari Pu terkecil = 2396,96 kN

$$\sum M_c = (1.050.000.000 + 1.004.000.000) / 0,65 \\ = 3.160.000.000 \text{ Nmm}$$

Sehingga :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

$$3.160.000.000 \text{ Nmm} \geq 1.272.031.806 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

#### 5.1.4.4 Pengekangan Kolom di Daerah Sendi Plastis

Daerah sendi plastis ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4).(4) yang menyatakan panjang  $\ell_o$  tidak kurang dari :

- $h_k = 750 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} \times (4000 - 600)$   
 $= 566,67 \text{ mm}$
- 500 mm

Digunakan daerah sendi plastis  $\ell_o$  sepanjang 750 mm.

Jarak sengkang sepanjang sendi plastis diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4).(2) yang menyatakan, spasi maksimum tulangan transversal :

- $\frac{1}{4} \times b \text{ terkecil} = \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 22 = 142 \text{ mm}$
- $s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5 \times (750 - 2 \times (40 + 12))}{3}$   
 $= 107 \text{ mm}$

$h_x$  = spasi horizontal maksimum untuk kaki-kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada semua muka kolom, mm.

- Nilai  $s_x$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Digunakan jarak sengkang begel ( $s$ ) = 100 mm (minimum)

Kebutuhan pengekangan di daerah sendi plastis ditentukan dari SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4.1.b yang menyatakan

luas sengkang tidak boleh kurang dari rumus 123 dan 124 berikut

Dengan :

*s* = spasi tulangan transversal pada arah longitudinal (mm)

$h_c$  = dimensi penampang inti kolom dihitung dari sumbu - sumbu tulangan pengekang (mm)

$A_g$  = Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )

$A_{ch}$  = Luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )

Dengan jarak sengkang,  $s = 100$  mm, diperoleh

$$(s \times h \times f') \cap A = \emptyset$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \left( \frac{s \times h_c \times f'_c}{f_{yh}} \right) \times \left( \frac{A_g}{A_{ch} - 1} \right)$$

$$= 0,3 \times \left( \frac{100 \times (750 - (2 \times 40) - 12) \times 30}{400} \right)$$

$$\times \left( \frac{(750 \times 750)}{((750 - (2 \times 40)) \times (750 - (2 \times 40)))} - 1 \right) = 370,1 \text{ mm}^2$$

Atau

$$\begin{aligned}
 A_{sh} &= 0,09x \left( s.h_c \cdot \frac{f'_c}{f_{yh}} \right) \\
 &= 0,09 \times \left( 100 \times (750 - 2 \times 40 - 12) \times \frac{30}{400} \right) \\
 &= 444,15 \text{ mm}^2 \quad (\text{menentukan})
 \end{aligned}$$

Dipakai sengkang sepanjang sendi plastis  $4\phi 12$  – 100 mm

$$(A_s = 452,5 \text{ mm}^2) > A_{sh}$$

### 5.1.4.5 Kebutuhan Tulangan Geser

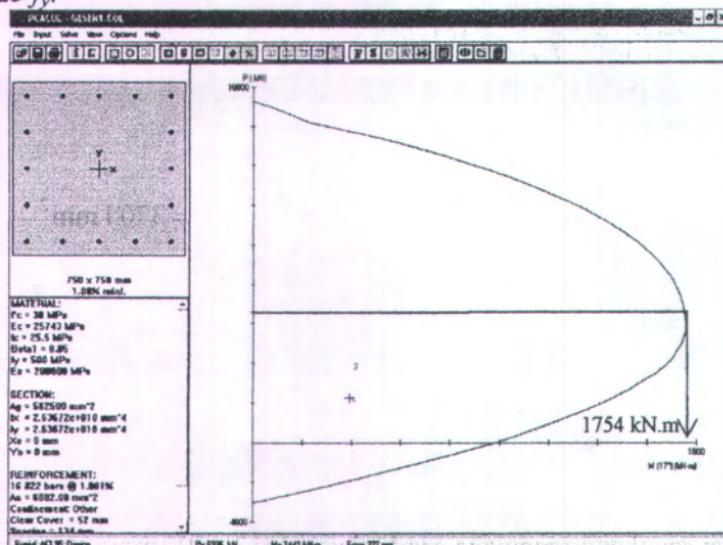
Gaya geser yang bekerja di sepanjang bentang kolom ( $V_u$ ) ditentukan dari  $Mpr^+$  dan  $Mpr^-$  balok yang menyatu dengan kolom tersebut.

$Mpr$  balok telah dihitung pada penulangan balok di atas.

Sehingga gaya geser desain berdasarkan  $Mpr^+$  dan  $Mpr^-$  dari balok yang bertemu di HBK adalah sebagai berikut :

$$V_u = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{L_n} = \frac{400,96 + 680,92}{3,40} = 318,2 \text{ kN}$$

Besarnya  $V_u$  tersebut harus dibandingkan dengan  $V_e$ , yaitu gaya geser yang diperoleh dari  $Mpr$  kolom. Cara memperoleh  $Mpr$  kolom memakai bantuan interaksi kolom program PCACOL.  $Mpr$  ini ditentukan berdasarkan rentang beban aksial terfaktor yang mungkin terjadi dengan  $\phi = 1$ .  $Mpr$  ini diambil sama dengan momen balance diagrami interaksi dari kolom namun dengan  $f_s = 1,25 f_y$ .



Gambar 5.16 Nilai  $Mpr$  Kolom Tengah Tingkat 1 (Lt1-Lt2)

Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah sama maka :

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{2 \times Mpr}{L_n} \\ &= \frac{2 \times 1754}{3,40} \\ &= 1031,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ternyata  $V_e = 1031,76 \text{ kN} > V_u = 318,2 \text{ kN}$ , maka perencanaan geser memenuhi syarat.

Besarnya  $V_u$  tersebut akan ditahan oleh kuat geser beton ( $V_c$ ) dan kuat tulangan geser ( $V_s$ ).

Nilai  $V_c$  harus dianggap = 0 sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 23.4.5.2 apabila :

- $50\% \times V_e > V_u$
- $P_u_{(\min)} < \frac{A_g \times f'_c}{20}$

Ternyata

$$(50\% \times V_e = 0,5 \times 1031,76 = 515,88 \text{ kN} > V_u = 318,2 \text{ kN})$$

$$P_u = 2275,05 \text{ kN} >$$

$$\frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{750^2 \times 30}{20} = 843,750 \text{ kN}$$

Sehingga  $V_c \neq 0$

Untuk komponen yang kena beban aksial berlaku  $V_c$  sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 13.3.10.2 yaitu :

$$V_c = \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \times \left( \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_w \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= \left( 1 + \frac{2275,05 \times 10^3}{14 \times (750 \times 750)} \right) \times \left( \frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 750 \times 687 \\
 &= 606.240,57 \text{ N} \\
 &= 606,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Besarnya  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan confinement  $A_{sh}$  terpasang.

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_s \times f_y \times d}{s} \\
 &= \frac{452,39 \times 400 \times 587}{125} \\
 &= 849.769,38 \text{ N} \\
 &= 849,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi

$$\begin{aligned}
 \phi (V_c + V_s) &= 0,75 \times (606,24 + 849,77) \\
 &= 1.092,01 \text{ kN} > V_u = 318,2
 \end{aligned}$$

kN.....OK!

Sisa panjang kolom sendi plastis, dipasang sengkang sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002 Ps. 23.4.4).(6) yaitu :

$$s < 6.d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm} \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi sengkang diluar sendi plastis digunakan  $4\phi 12 - 125 \text{ mm}$

### 5.4.2 Perhitungan Kolom Tingkat 4 s/d 8

#### 5.4.2.1 Data Perencanaan

Dalam perencanaan ini kolom direncanakan dengan sistem cor di tempat, sebagai contoh perhitungan diambil kolom tengah As F-8 dengan data-data sebagai berikut:

Dimensi kolom =  $750 \times 750 \text{ mm}^2$

Mutu beton,  $f'_c$  = 30 MPa

Mutu baja,  $f_y$  = 400 MPa

Selimut beton ( $c_c$ ) = 40 mm

Tulangan utama = D22 mm

Sengkang = Ø12 mm

$$\begin{aligned} d &= h - c_c - \phi_s - \left( \frac{1}{2} \cdot D_{tul.utama} \right) \\ &= 750 - 40 - 12 - \left( \frac{1}{2} \cdot 22 \right) \\ &= 687 \text{ mm} \end{aligned}$$

$A_s$  11 D19 =  $3118,82 \text{ mm}^2$

$A_s'$  6 D19 =  $1701,17 \text{ mm}^2$

Dimensi balok =  $400 \times 600 \text{ mm}^2$

Tulangan utama = D19 mm

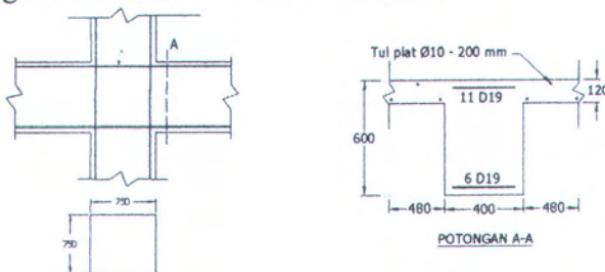
Sengkang = Ø12 mm

Selimut beton (p) = 40 mm

Plat Lantai Tebal = 120 mm

$b_e$  = 1360 mm

Tulangan Plat Lantai = Ø 10 – 200 mm



Gambar 5.17 Detail Balok yang Menyatu pada Kolom

#### 5.4.2.2 Perhitungan Tulangan Memanjang Kolom

Tabel 5.8 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 4 dan 5

No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	2379.77	11.71	13.60
2	1,2 DL + 1,6 LL	2995.37	18.10	20.05
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	2645.88	69.39	274.38
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	2645.88	69.39	274.38
5	0,9 DL + 1 Spec 1	1521.00	92.00	300.02
6	0,9 DL - 1 Spec 1	1521.00	92.00	300.02

Tabel 5.9 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tengah antara Lantai 5 dan 6

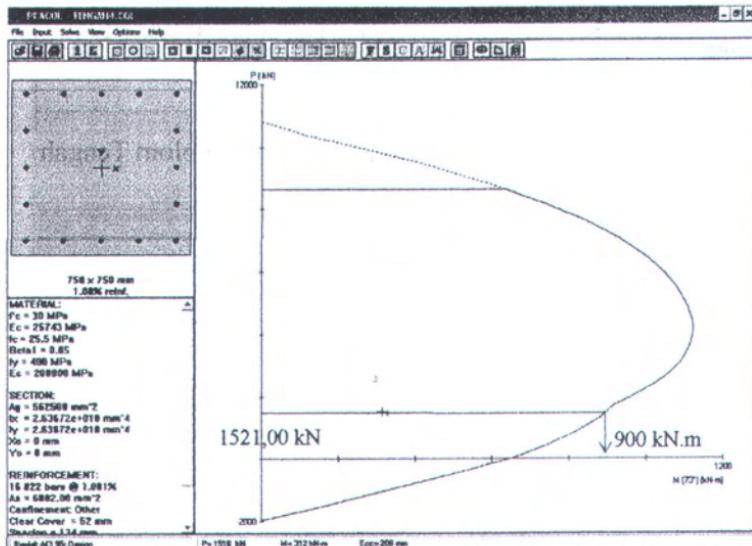
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	1926.19	15.11	16.87
2	1,2 DL + 1,6 LL	2382.24	23.05	24.74
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	2035.66	97.85	284.63
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	2035.66	97.85	284.63
5	0,9 DL + 1 Spec 1	1181.77	88.73	277.70
6	0,9 DL - 1 Spec 1	1181.77	88.73	277.70

Tabel 5.10 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 4 dan 5

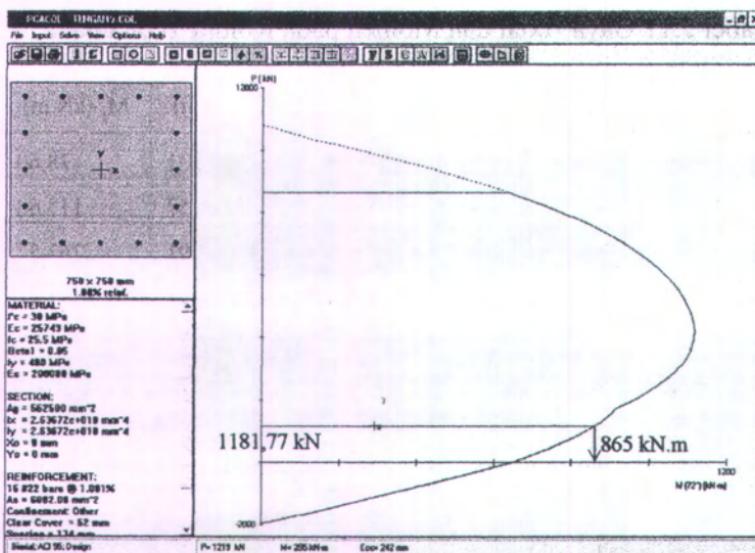
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	2205.76	13.48	84.48
2	1,2 DL + 1,6 LL	2529.09	15.90	121.12
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	2537.70	88.25	233.98
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	2537.70	88.25	233.98
5	0,9 DL + 1 Spec 1	1618.35	80.84	193.53
6	0,9 DL - 1 Spec 1	1618.35	80.84	193.53

Tabel 5.11 Gaya Axial dan Momen pada Kolom Tepi antara Lantai 5 dan 6

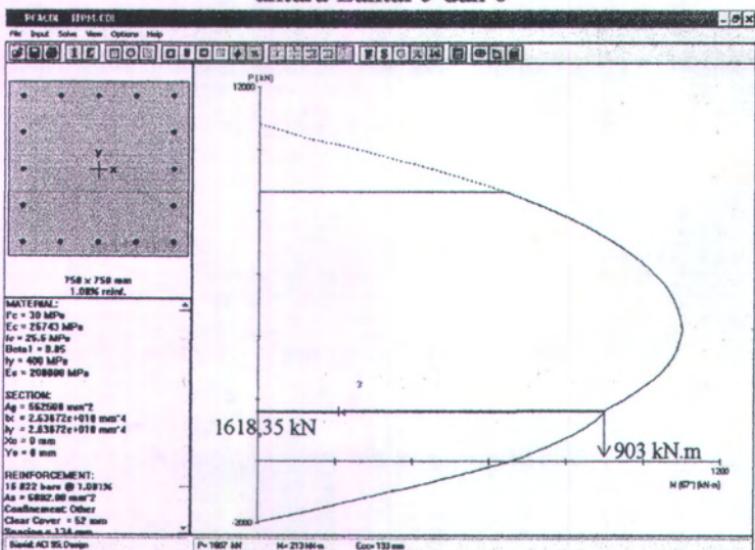
No	Kombinasi Beban	Axial (kN)	$M_x$ (kN.m)	$M_y$ (kN.m)
1	1,4 DL	1640.64	12.31	78.60
2	1,2 DL + 1,6 LL	1882.70	14.57	115.68
3	1,2 DL + 1 LL + 1 Spec 1	1537.25	94.91	263.52
4	1,2 DL + 1 LL - 1 Spec 1	1537.25	94.91	263.52
5	0,9 DL + 1 Spec 1	887.91	89.77	216.48
6	0,9 DL - 1 Spec 1	887.91	89.77	216.48



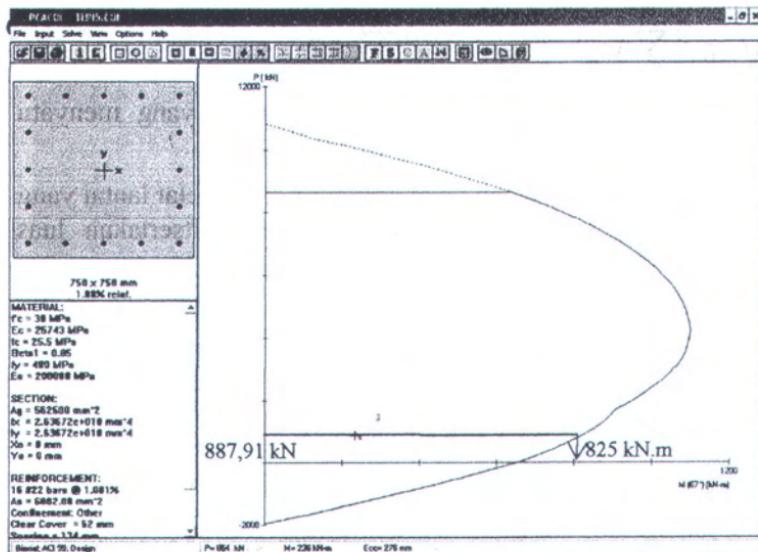
Gambar 5.18 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 4 dan 5



Gambar 5.19 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tengah antara Lantai 5 dan 6

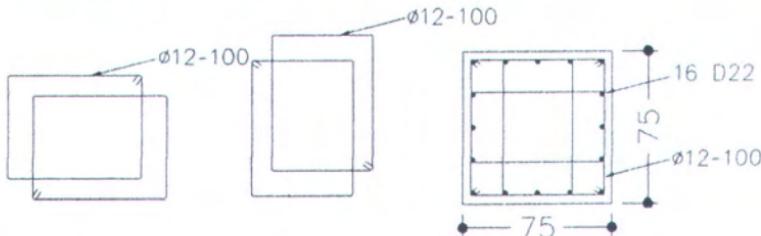


Gambar 5.20 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 4 dan 5



Gambar 5.21 Kuat Rencana Diagram Interaksi Kolom Tepi antara Lantai 5 dan 6

Berdasarkan kombinasi beban diatas, cukup diberi tulangan sebanyak 1,08 % (16 D 22). Seperti terlihat pada gambar diatas, sebuah diagram interaction yang dibuat dengan program PCACOL. Prosentase kolom ini sesuai syarat SNI 03 –2847–2002 Ps. 23.4.3.1 yaitu antara 1 %-6 % telah dipenuhi.



Gambar 5.22 Tulangan Memanjang Kolom Lt. 4 – 8

#### 5.4.2.3 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Persyaratan "strong column weak beam" dipenuhi dengan persamaan 121 SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.2.2. yaitu :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

Nilai  $\sum M_g$  adalah jumlah  $M_g^+$  dan  $M_g^-$  balok yang menyatu dengan kolom.

Karena balok yang menyatu pada kolom terdapat pelat lantai yang menyatu juga, maka perhitungan  $M_g^-$ , mengikuti sertakan luas tulangan pelat selebar b efektif.

Tulangan terpasang pada balok :

$$\begin{aligned} A_s \text{ 11 D19} &= 3118,82 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ 6 D19} &= 1701,17 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

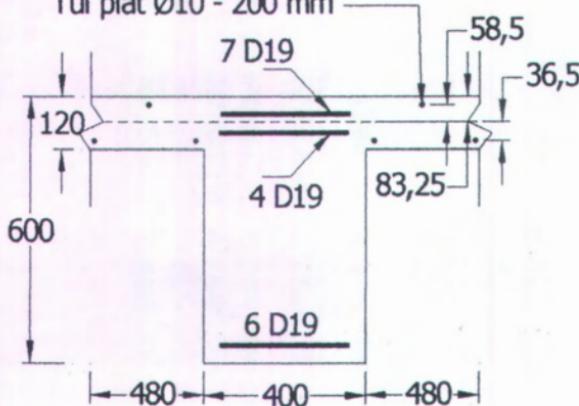
Perhitungan  $\sum M_g$  :

$$A_s = 3118,82 + \left( 2 \left( \frac{480}{200} \right) 0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 2 \right) = 3872,80 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} d_{atas} &= \left( 600 - 40 - 12 - 19 - \left( \frac{7}{11} \right) \times 25 \right) - \left( \left( \frac{376,99}{3872,80} \right) \cdot 58,5 \right) \\ &\quad + \left( \left( \frac{376,99}{3872,80} \right) \cdot 36,5 \right) = 510,95 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_{bawah} = \left( 600 - 40 - 12 - \frac{19}{2} \right) = 538,5 \text{ mm}$$

Tul plat Ø10 - 200 mm



Besarnya  $M_g^+$  adalah :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1701,17.400}{0,85 \cdot 30.400} = 66,71 \text{ mm}$$

$$M_g^+ = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 1701,17.400 \left( 538,5 - \frac{66,71}{2} \right)$$

$$= 343.735.007,9 \text{ Nmm}$$

Besarnya  $M_g^-$  adalah :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{3872,80.400}{0,85 \cdot 30.400} = 151,87 \text{ mm}$$

$$M_g^- = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = 3872,80.400 \left( 510,95 - \frac{151,87}{2} \right)$$

$$= 673.890.436,8 \text{ Nmm}$$

$$\frac{6}{5} \sum M_g = \frac{6}{5} (343.735.007,9 + 673.890.436,8) / 0,8$$

$$= 1.272.031.806 \text{ Nmm}$$

$M_c$  kolom tengah antara lantai 4 dan 5 diperoleh sebesar 900 kNm dari Pu terkecil = 1521,00 kN. Dengan cara yang sama  $M_c$  kolom tengah antara lantai 5 dan 6 diperoleh sebesar 865 kNm dari Pu terkecil = 1181,77 kN

$$\sum M_c = (900.000.000 + 865.000.000) / 0,65 = 2.715.384.615 \text{ Nmm}$$

Sehingga :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

$$2.715.384.615 \text{ Nmm} \geq 1.272.031.806 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

$M_c$  kolom tepi antara lantai 4 dan 5 diperoleh sebesar 903 kNm dari Pu terkecil = 1618,35 kN. Dengan cara yang sama  $M_c$  kolom tepi antara lantai 2 dan 3 diperoleh sebesar 825 kNm dari Pu terkecil = 887,91 kN

$$\sum M_c = (903.000.000 + 825.000.000) / 0,65 = 2.658.461.538 \text{ Nmm}$$

Sehingga :

$$\sum M_c \geq \frac{6}{5} \sum M_g$$

$$2.658.461.538 \text{ Nmm} \geq 1.272.031.806 \text{ Nmm} \dots \text{OK!}$$

#### 5.4.2.4 Pengekangan Kolom di Daerah Sendi Plastis

Daerah sendi plastis ditentukan berdasarkan SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4).(4) yang menyatakan panjang  $\ell_o$  tidak kurang dari :

- $h_k = 750 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} \times (4000 - 600)$   
 $= 566,67 \text{ mm}$
- 500 mm

Digunakan daerah sendi plastis  $\ell_o$  sepanjang 750 mm.

Jarak sengkang sepanjang sendi plastis diatur dalam SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4).(2) yang menyatakan, spasi maksimum tulangan transversal :

- $\frac{1}{4} \times b \text{ terkecil} = \frac{1}{4} \times 600 = 150 \text{ mm}$
- $6 d_b = 6 \times 22 = 142 \text{ mm}$
- $s_x = 100 + \frac{350 - h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5 \times (750 - 2 \times (40 + 12))}{3}$   
 $= 107 \text{ mm}$

$h_x$  = spasi horizontal maksimum untuk kaki-kaki sengkang tertutup atau sengkang ikat pada semua muka kolom, mm.

- Nilai  $s_x$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Digunakan jarak sengkang begel (s) = 100 mm (minimum)

Kebutuhan pengekangan di daerah sendi plastis ditentukan dari SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.4.1.b yang menyatakan luas sengkang tidak boleh kurang dari rumus 123 dan 124 berikut:

Dengan :

$s$  = spasi tulangan transversal pada arah longitudinal (mm)  
 $h_c$  = dimensi penampang inti kolom dihitung dari sumbu - sumbu tulangan pengekang (mm)  
 $A_g$  = Luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )  
 $A_{ch}$  = Luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal luas bruto penampang ( $\text{mm}^2$ )

Dengan jarak sengkang,  $s = 100 \text{ mm}$ , diperoleh

$$A_{sh} = 0,3 \times \left( \frac{s \times h_c \times f'_c}{f_{yh}} \right) \times \left( \frac{A_g}{A_{ch} - 1} \right)$$

$$= 0,3 \times \left( \frac{100 \times (750 - (2 \times 40) - 12) \times 30}{400} \right)$$

$$\times \left( \frac{(750 \times 750)}{((750 - (2 \times 40)) \times (750 - (2 \times 40)))} - 1 \right) = 370,1 \text{ mm}^2$$

Atau

$$A_{sh} = 0,09x \left( s.h_c \cdot \frac{f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$= 0,09 \times \left( 100 \times (750 - 2 \times 40 - 12) \times \frac{30}{400} \right)$$

$$= 444,15 \text{ mm}^2 \quad (\text{menentukan})$$

Dipakai sengkang sepanjang sendi plastis  $4\phi 12$  – 100 mm

$$(A_s = 452,5 \text{ mm}^2) > A_{sh}$$

#### 5.4.2.5 Kebutuhan Tulangan Geser

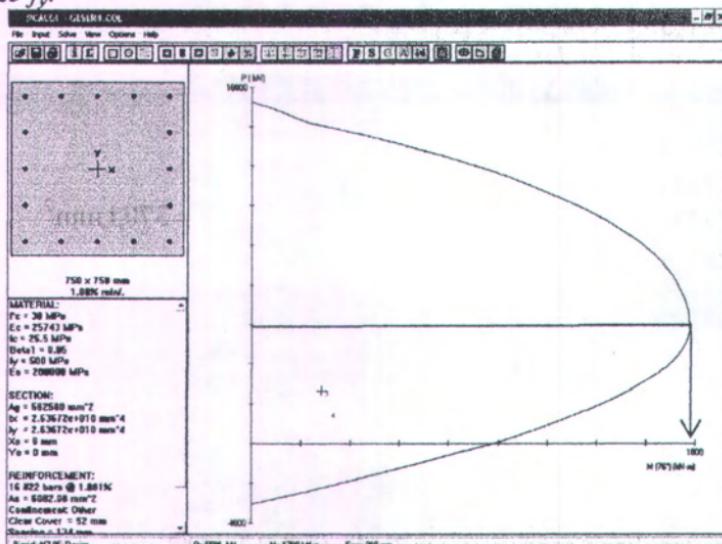
Gaya geser yang bekerja di sepanjang bentang kolom ( $V_u$ ) ditentukan dari  $Mpr^+$  dan  $Mpr^-$  balok yang menyatu dengan kolom tersebut.

$Mpr$  balok telah dihitung pada penulangan balok di atas.

Sehingga gaya geser desain berdasarkan  $Mpr^+$  dan  $Mpr^-$  dari balok yang bertemu di HBK adalah sebagai berikut :

$$V_u = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{L_n} = \frac{400,96 + 680,92}{3,40} = 318,2 \text{ kN}$$

Besarnya  $V_u$  tersebut harus dibandingkan dengan  $V_e$ , yaitu gaya geser yang diperoleh dari  $Mpr$  kolom. Cara memperoleh  $Mpr$  kolom memakai bantuan interaksi kolom program PCACOL.  $Mpr$  ini ditentukan berdasarkan rentang beban aksial terfaktor yang mungkin terjadi dengan  $\phi = 1$ .  $Mpr$  ini diambil sama dengan momen balance diagrami interaksi dari kolom namun dengan  $f_s = 1,25 f_y$ .



Gambar 5.23 Nilai  $Mpr$  Kolom Tengah Tingkat 4 (Lt.4-Lt5)

Karena dimensi dan penulangan kolom atas dan bawah sama maka :

$$\begin{aligned} V_e &= \frac{2 \times Mpr}{L_n} = \frac{2 \times 1780}{3,40} \\ &= 1047,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ternyata  $V_e = 1047,06 \text{ kN} > V_u = 318,2 \text{ kN}$ , maka perencanaan geser memenuhi syarat.

Besarnya  $V_u$  tersebut akan ditahan oleh kuat geser beton ( $V_e$ ) dan kuat tulangan geser ( $V_s$ ).

Nilai  $V_c$  harus dianggap = 0 sesuai SNI 03-2847-2002 Ps.23.4.5.2 apabila :

- $50\% \times V_e > V_u$
- $P_u \text{ (min)} < \frac{A_g \times f'_c}{20}$

Ternyata

$$(50\% \times V_e = 0,5 \times 1047,06 = 523,53 \text{ kN} > V_u = 318,2 \text{ kN})$$

$$P_u = 1521,00 \text{ kN} > \frac{A_g \times f'_c}{20} = \frac{750^2 \times 30}{20} = 843,750 \text{ kN}$$

Sehingga  $V_c \neq 0$

Untuk komponen yang kena beban aksial berlaku  $V_c$  sesuai SNI 03-2847-2002 Ps.13.3.10.2 yaitu :

$$\begin{aligned} V_c &= \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \times \left( \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left( 1 + \frac{1521,00 \times 10^3}{14 \times (750 \times 750)} \right) \times \left( \frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 750 \times 687 \\ &= 561.143,06 \text{ N} \\ &= 561,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

Besarnya  $V_s$  dihitung berdasarkan tulangan confinement  $A_{sh}$  terpasang.

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{452,39 \times 400 \times 587}{125} = 849.769,38 \text{ N}$$

$$= 849,77 \text{ kN}$$

Jadi

$$\phi (V_c + V_s) = 0,75 \times (606,24 + 849,77)$$

$$= 1.092,01 \text{ kN} > V_u = 318,2 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Sisa panjang kolom sendi plastis, dipasang sengkang sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002 Ps. 23.4.4).(6) yaitu :

$$s < 6.d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi sengkang diluar sendi plastis digunakan  $4\phi 12 - 125 \text{ mm}$

**5.4.3 Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom**  
 Sambungan tulangan kolom yang diletakkan ditengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan dari SNI 03-2847-2002 Ps.14.2.2 yang dihitung dengan rumus :

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f'_c}} \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{(c + K_{tr})} \quad d_b$$

dimana :

$c$  = spasi atau dimensi selimut beton, mm (pergunakan nilai terkecil antara jarak dari sumbu batang atau kawat ke permukaan terdekat dan setengah spasi sumbu ke sumbu batang atau kawat yang disalurkan).

$K_{tr}$  = indeks tulangan transversal

$s$  = spasi maksimum sumbu ke sumbu tulangan transversal yang dipasang di sepanjang  $\lambda_d$ ,mm.

$$K_{tr} = \frac{A_{tr} \times f_{yt}}{10 \times s \times n}$$

$$\alpha = 1,0 \quad c = 40 + 12 + 22/2 = 63 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,0 \quad c = \frac{750 - 2 \times (40 + 12) - 22}{4 \times 2} = 78 \text{ mm}$$

$\gamma = 0,8$  Digunakan nilai  $c = 63 \text{ mm}$  (terkecil)

$$\lambda = 1,0$$

$$K_{tr} = \frac{A_{tr} \times f_{yt}}{10 \times s \times n} \\ = \frac{5 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 22^2\right) \times 400}{10 \times 125 \times 5} \\ = 121,64$$

$$\frac{c + K_{tr}}{d_b} = \frac{63 + 121,64}{22} = 8,39$$

Diambil 2,5 (nilai maksimum)

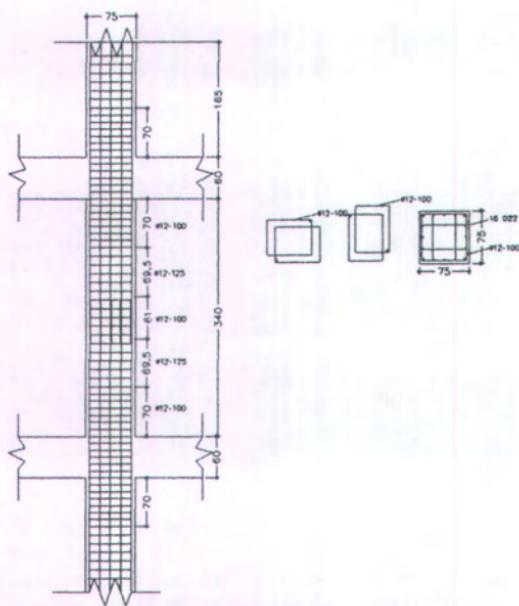
Jadi

$$\frac{\lambda_d}{d_b} = \frac{9 \times f_y}{10 \times \sqrt{f'_c}} \frac{\alpha \times \beta \times \gamma \times \lambda}{(c + K_{tr})} = \frac{9 \times 400}{10 \times \sqrt{30}} \frac{1 \times 1 \times 0,8 \times 1}{2,5} = 21,03$$

$$\lambda_d = 21,03 \times d_b = 21,03 \times 22 = 462,66 \text{ mm}$$

Karena seluruh tulangan pada panjang lewatan disambung, maka sambungan lewatan termasuk kelas B SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 14.15.1 – 2 .

$$\text{Panjang lewatan} = 1,3 \times \lambda_d = 1,3 \times 462,66 = 601,46 \text{ mm} \approx 610 \text{ mm}$$



Gambar 5.24 Detail Penulangan Kolom

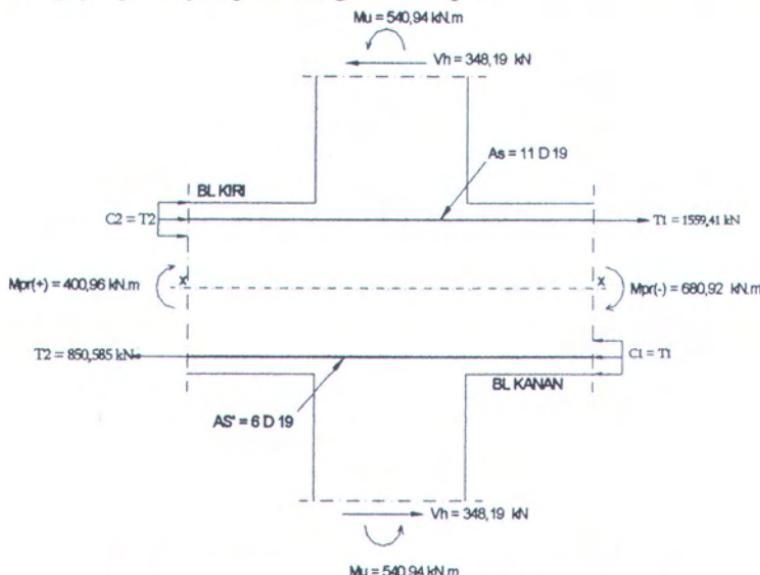
#### 5.4.4 Desain Hubungan Balok Kolom

##### 5.4.4.1 Perhitungan Joint Balok – Kolom Interior

SNI 03-2847-2002 Ps. 23.5. mensyaratkan bahwa tulangan transversal seperti yang dirinci dalam Ps. 23.4.4. harus dipasang pula dalam sambungan antara balok-kolom, kecuali jika sambungan tersebut dikekang oleh komponen struktural seperti yang disyaratkan dalam Ps. 23.5.2.2.

Pada sambungan hubungan balok-kolom interior yang pada keempat sisi kolom terdapat balok, harus dipasang tulangan transversal sedikitnya separuh yang diisyaratkan oleh Ps. 23.4.4.1 dan  $s \leq 0,25 h$  maksimum diperbolehkan mencapai 150 mm. Dalam contoh perhitungan HBK ini memiliki lebar balok 40 cm  $< \frac{3}{4} h$  kolom  $\frac{3}{4} \times 75 = 56,25$  cm. Maka sesuai Ps. 23.5.2.11 untuk kesederhanaan penditailing, dipakai  $A_{sh}$  ujung kolom untuk tulangan transversal HBK ini.

Gambar 5.25 adalah sambungan hubungan balok kolom tengah lantai 2. Sesuai SNI 03 – 2847 – 2002 Ps. 23.5.3 diiap HBK perlu diperiksa kuat geser nominal yang harus lebih besar dari gaya geser yang kemungkinan terjadi.



Gambar 5.25 Analisa Geser pada Beam Column Joint Interior Lt.2

Gaya geser yang mungkin terjadi pada potongan  $x-x$  adalah  $T_1 + T_2 - V_h$ .  $T_1$  dan  $T_2$  diperoleh dari tulangan tarik balok-balok yang menyatu di HBK.

$$T_1 (11 \text{ D } 19) = A_s \times 1,25 f_y = 3118,82 \times 1,25 \times 400 = 1.559,41 \text{ kN}$$

$$T_2 (6 \text{ D } 19) = A_s' \times 1,25 f_y = 1701,17 \times 1,25 \times 400 = 850,585 \text{ kN}$$

$V_h$  gaya geser pada kolom dihitung dari  $M_{pr}$  kedua ujung balok yang menyatu dengan HBK, dalam hal ini karena panjang kolom atas dan bawah sama, maka masing-masing ujung kolom memiliki jumlah  $M_{pr}$  balok yang sama besarnya.

$$Mu = \frac{Mpr^+ + Mpr^-}{2} = \frac{400,96 + 680,92}{2} = 540,94 \text{ kNm}$$

sehingga

$$V_h = \frac{Mu}{h_{in}/2} = \frac{2 \times 540,94}{3,4} = 318,2 \text{ kN}$$

Dimana  $h_{in}$  adalah panjang bersih kolom.

Dengan hasil perhitungan diatas, gaya geser di potongan  $x-x = T_1 + T_2 - V_h$

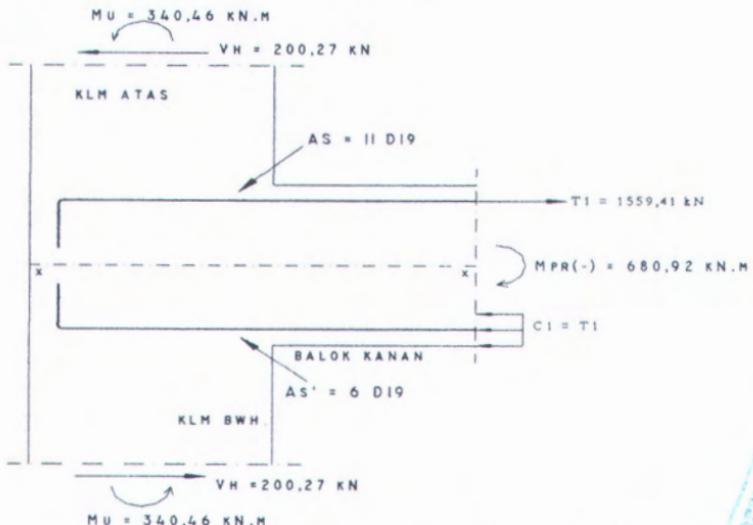
$$V_{x-x} = V_{uj} = 1.559,41 + 850,585 - 318,2 = 2.091,795 \text{ kN}$$

Untuk HBK yang terkekang pada keempat sisinya berlaku kuat geser nominal :

$$\phi Vc = \phi \times 1,7 \times \sqrt{f'c} \times A_j \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps.23.5.3}) \\ = 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{30} \times (400 \times 750) = 2.095,04 \text{ kN} > V_{uj} .\text{ok}!!!$$

#### 5.4.4.2 Perhitungan Joint Balok – Kolom Exterior

Kuat geser hubungan balok kolom tepi pada kolom luar ini hanya dikekang oleh 3 balok, sehingga sesuai SNI 03-2847-2002 Ps. 23.5.2.2, tulangan transversal diujung kolom harus dipasang dalam hubungan balok kolom (HBK).



Gambar 5.26 Analisa Geser pada Beam Column Joint Eksterior lantai 2

$$Mu = \frac{Mpr^-}{2} = \frac{680,92}{2} = 340,46 \text{ kNm}$$

sehingga

$$V_h = \frac{Mu}{h_{in}/2} = \frac{2 \times 340,46}{3,40} = 200,27 \text{ kN}$$

Dimana  $h_{in}$  adalah panjang bersih kolom.

Dengan hasil perhitungan diatas, gaya geser di potongan  $x-x = T_1 - V_h$ ,

$$T_1 (11 \text{ D } 19) = A_s \times 1,25 f_y = 3118,82 \times 1,25 \times 400 = 1559,41 \text{ kN}$$

$$V_{x-x} = V_{uj} = 1559,41 - 200,27 = 1359,14 \text{ kN}$$

Untuk HBK yang terkekang pada ketiga sisinya berlaku kuat geser nominal :

$$\phi Vc = \phi \times 1,25 \times \sqrt{f'_c} \times A_j \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Ps.23.5.3})$$
$$= 0,75 \times 1,25 \times \sqrt{30} \times (400 \times 750) = 1540,47 \text{ kN} > V_{uj} \text{ ok!!}$$

## BAB VI

# PERENCANAAN PONDASI

### 6.1 Umum

Pondasi merupakan bangunan perantara untuk meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ketanah pendukung di bawahnya.

Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan beberapa hal diantaranya jenis tanah, kondisi tanah dan struktur tanah, karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang yang terjadi di atasnya. Penyelidikan atas tanah tersebut sangatlah perlu dilakukan agar mendapatkan parameter-parameter sebagai masukan dalam perencanaan, agar didapatkan pondasi yang aman, ekonomis dan efisien.

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah bangunan disekitar lokasi proyek Gedung Rumah Sakit Umum Citra Medika ini, maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Daya dukung tiang pada tanah pondasi diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser tiang.

Adapun perumusan Daya Dukung Ultimate pada sebuah pondasi adalah :

$$Q_{sp} = \frac{1}{FK} \left( f_b A_b + U \sum_{i=1}^n l_i f_{si} \right) \text{ Menurut Terzaghi dan Meyerhof}$$

Di mana :

- $Q_{sp}$  = daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang tunggal (ton)
- $FK$  = faktor keamanan (diambil 3.0)
- $f_b$  = tahanan ujung tiang ( $\text{ton}/\text{m}^2$ )
- $A_b$  = luas penampang ujung tiang ( $\text{m}^2$ )
- $U$  = keliling tiang (m)
- $l_i$  = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)
- $f_{si}$  = intensitas tahanan geser tiang ( $\text{ton}/\text{m}^2$ )

Besarnya gaya geser maksimum dinding  $f_i$  diperkirakan dari tabel 6.1 di bawah ini sesuai dengan macam tiang dan sifat tanah pondasi.

Tabel 6.1 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang

Satuan dalam : t/m<sup>2</sup>

Jenis Tanah Pondasi	Tiang Pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	N/5( $\leq 10$ )	N/2 ( $\leq 12$ )
Tanah kohesif	c atau N ( $\leq 12$ )	c/2 atau N/2 ( $\leq 12$ )

Adapun data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

$$\text{Panjang tiang pancang} = 14 \text{ m}$$

$$\text{Dimensi tiang pancang } \varnothing = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Luas tiang pancang (A}_b\text{)} = \frac{1}{4}\pi \cdot D^2 = 0,196 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling tiang pancang (U)} = \pi \cdot D = 1,57 \text{ cm}$$

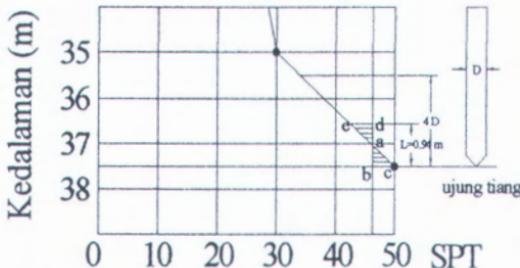
### 6.1.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang

Daya dukung ijin pondasi dalam dihitung berdasarkan data nilai SPT-N dari hasil boring dengan menggunakan metode Meyerhoff dan faktor keamanan 3. Dari data SPT-N titik BH I dengan kedalaman 37,5 m didapat :

- Harga N pada ujung tiang  $N_1 = 51$
- Harga N rata-rata pada jarak 4D ( $4 \times 50 = 200 \text{ cm}$ ) dari ujung tiang :

$$\overline{N}_2 = \frac{51 + 46 + 38 + 34}{4} = 42,25$$

$$\overline{N} = \frac{\overline{N}_1 + \overline{N}_2}{2} = \frac{51 + 42,25}{2} = 46,625$$

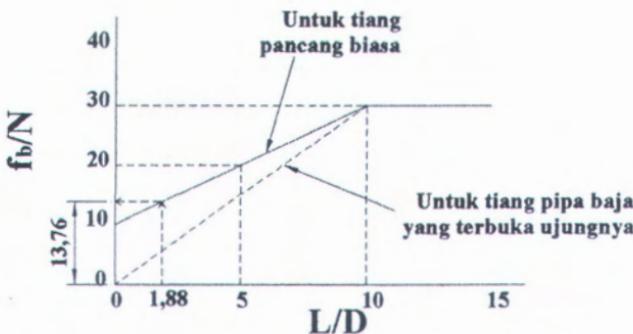


- c) Panjang ekivalen penetrasi  $L = 0,94$  m

$L$  adalah panjang ekivalen pemancangan ke dalam lapisan pendukung (m) dihitung sebagai berikut :

- menentukan titik  $b$  pada ujung tiang dengan harga  $\bar{N}$ .
- menentukan garis tegak db sehingga luas  $\triangle abc$  sama dengan luas  $\triangle ade$ . Hitung panjang garis tegak lurus tersebut sebagai  $L$

- d) Daya dukung pada ujung tiang berdasarkan diagram perhitungan intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang :



Gambar 6.1 Diagram Perhitungan Dari Intesitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang ( $f_b$ )

$L/D = 0,94/0,5 = 1,88$ , dari gambar 7.2 didapat  $f_b/\bar{N} = 13,76$

$$f_b = 14 \cdot \bar{N} = 13,76 \times 46,625 = 641,56 \text{ t/m}^2$$

Kemampuan daya dukung ujung tiang

$$Q_p = f_b A_b = 641,96 \text{ t/m}^2 \times 0,196 \text{ m}^2 = 125,75 \text{ ton}$$

e) Gaya geser maksimum dinding tiang.

Langkah pertama adalah menentukan harga rata-rata  $N$  bagi lapisan-lapisan tanah, selanjutnya besarnya gaya geser maximum dinding tiang dapat diperkirakan sebagai berikut ini :

Tabel. 6.2 Gaya Geser Pada Keliling Permukaan Tiang, Digolongkan Menurut Lapisan tanah

Kedalaman (m)	Ketebalan lapisan $h_i$ (m)	Tanah	Harga rata- rata $N$	$f_i$	$h_i f_i$ (t/m)
0–1	1	Dark Grey Clay	1.00	1.00	1.00
1–3	2	Dark Grey Clay Sand	0.00	0.00	0.00
3–5	2	Dark Grey Clay	0.00	0.00	0.00
5–11	6	Dark Grey Silty Fine Sand With Some Broken Shell	4.50	0.90	5.40
11–17	6	Brownish Dark Grey Clay	11.25	11.25	67.50
17–21	4	Light Brownish Grey Clay	25.50	12.00	48.00
21–25	4	Grey Sand-Silt Occ. With Some Sand	30.00	6.00	24.00
25–28.5	3.5	Greyish Brown Silty Clay Occ. With Some Sand	26.33	12.00	42.00
28.5–35.5	7	Light Brownish Grey to Greyish Light Brown Clay	28.20	12.00	84.00
35.5–37.5	2	Greyish Brown to Brownish Grey Silty Sand With Some Dark Grey Clay Nodule	3.91	3.91	7.81
$\Sigma$	37.5				279.71

$$U \sum \ell_i \cdot f_i = 1,57 \times 279,71 = 439,15 \text{ ton}$$

Sehingga daya dukung ultimate :

$$Pu = (Q_p A) + (U \sum \ell_i \cdot f_i) = 125,75 + 439,15 = 564,90 \text{ ton}$$

$$P_{\text{jin}} = Pu / SF = \frac{564,90}{3} = 188,30 \text{ ton}$$

**Kekuatan bahan**  $P_{\text{tiang}} = 176,70 \text{ ton}$

(PT.PACIFIC PRESTRELESS INDONESIA)

Jadi Kemampuan tiang ditentukan berdasarkan kekuatan bahan : 176.700 Kg

### 6.1.2 Perencanaan Kelompok Tiang (Pile Group)

Perhitungan jarak tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga :

Untuk jarak antar tiang pancang:

$$2,5 D \leq S \leq 3 D \quad \text{dimana : } S = \text{jarak antar tiang pancang}$$

$$2,5 \times 50 \leq S \leq 3 \times 50 \quad S_1 = \text{jarak tiang pancang ke tepi}$$

$$125 \leq S \leq 150$$

Untuk jarak tepi tiang pancang :

$$1,5 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1,5 \times 50 \leq S_1 \leq 2 \times 50$$

$$75 \leq S_1 \leq 100$$

## 6.2 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 1

### 6.2.1 Perhitungan Daya Dukung

Dari hasil analisa SAP 2000 joint 132 comb 13 (1DL +1LL +1E), didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$\text{Axial} : P = 506.864,88 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} : M_x = 52.923,46 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 11.646,26 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya Horisontal} : H_x = -3.548,23 \text{ kg}$$

$$H_y = -17.867,03 \text{ kg}$$

Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} : 4 \times 2,75 \times 1 \times 2.400 = 26.400 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sloof} : 0,4 \times 0,6 \times 12 \times 2.400 = 6.912 \text{ kg}$$

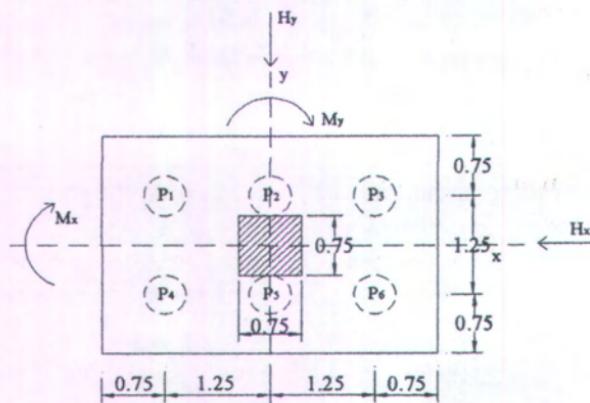
$$\text{Beban aksial kolom} : \underline{\underline{= 506.864,88 \text{ kg}}} +$$

$$\Sigma P = 540.176,88 \text{ kg}$$

Kontrol kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\sum P}{P_{\text{jin}}} = \frac{540.176,88}{176.700} = 3,06 \Rightarrow \text{dipakai } n = 6 \text{ buah}$$

Dipakai : jarak antar tiang pancang ( $S$ ) = 125 cm  
 jarak tepi tiang pancang ( $S_1$ ) = 75 cm



Gambar 6.2. Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 1

Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horisontal :

$$\overline{M_x} = 52.923,46 - (17.867,03x1) = 35.056,43 \text{ kg.m}$$

$$\overline{M_y} = 11.646,26 - (3.548,23x1) = 8.098,23 \text{ kg.m}$$

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arc tg} \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

$D$  = diameter tiang pancang

$S$  = jarak antar tiang pancang

$m$  = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 3

$n$  = jumlah baris tiang pancang = 2

$$\text{Efisiensi} : (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arctg} \left( \frac{500}{1.250} \right) \left( \frac{(3-1)x2 + (2-1)x3}{90x3x2} \right) \right\}$$

$$= 0,70$$

$$\text{Sehingga Qijin} = 0,70 \times 176.700 = 123.690 \text{ kg}$$

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{\overline{M_x} \cdot Y_i}{\sqrt{\sum Y_i^2}} \pm \frac{\overline{M_y} \cdot x_i}{\sqrt{\sum x_i^2}}$$

Dimana :  $P_i$  = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

$Y_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah y

$x_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah x

$$\sum x_i^2 = \text{jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah x}$$

$$\sum y_i^2 = \text{jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah y}$$

$$\sum x_i^2 = 4 \cdot (1,25)^2 = 6,25 \text{ m}^2$$

$$\sum y_i^2 = 6 \cdot (0,625)^2 = 2,34375 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{540.176,88}{6} + \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} - \frac{(8.098 \times 1,25)}{6,25} = 97.758 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{540.176,88}{6} + \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} - \frac{(8.098 \times 0)}{6,25} = 99.377 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{540.176,88}{6} + \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} + \frac{(8.098 \times 1,25)}{6,25} = 100.997 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{540.176,88}{6} - \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} - \frac{(8.098 \times 1,25)}{6,25} = 79.061 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{540.176,88}{6} - \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} - \frac{(8.098 \times 0)}{6,25} = 80.681 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{540.176,88}{6} - \frac{(35.056,43 \times 0,625)}{2,34375} + \frac{(8.098 \times 1,25)}{6,25} = 82.300 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimal yang diterima 1 tiang adalah 107.495,024 kg  
 $P_{\max} = 100.997,47 \text{ kg} < Q_{\text{jin}} = 123.690 \text{ kg}$

### 6.2.2 Perencanaan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer ( B x L ) = 400 x 275 cm
- Tebal poer ( t ) = 100 cm
- Diameter tulangan utama = D 25 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm
- Tinggi efektif balok poer  
 Arah x (  $d_x$  ) =  $1000 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887,5$  mm  
 Arah y (  $d_y$  ) =  $1000 - 100 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 862,5$  mm

### 6.2.3 Kontrol Geser Pons Poer

Dari hasil perencanaan :

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b_k = h_k = 750 \text{ mm}$$

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana  $V_c$  diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut :

$$1) V_C = \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{6}$$

(SNI-03-2847-2002 s.13.12.2.1(a))

$$2) V_C = \left( \frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2 \right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{12}$$

(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(b))

dimana  $\alpha_s = 40$  untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut.

$$3) V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_0 \times d \quad \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(c))}$$

dimana :  $\beta_c$  = rasio dari sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat ( $\beta_c = 750/750 = 1$ )

$$b_0 = \text{keliling dari penampang kritis} \\ = 4 (750 + 1.000) = 7.000 \text{ mm}$$

$$V_C = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_0 \times d}{6}$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{6} = 17.013.631,94 \text{ N}$$

$$V_C = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_0} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_0 \times d}{12}$$

$$= \left(\frac{40 \times 887,5}{7000} + 2\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{12} = 20.051.780,50 \text{ N}$$

$$V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 7000 \times 887,5 = 11.342.421,30 \text{ N}$$

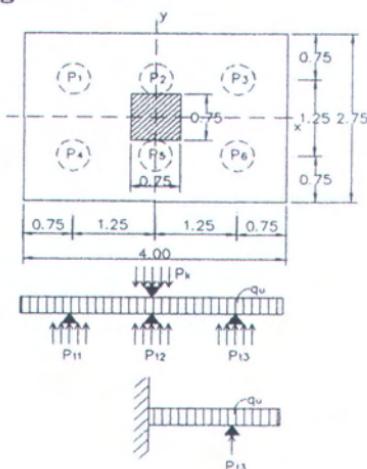
$\phi \cdot V_c > V_u$

$0,6 \times 11.342.421,30 \text{ N} > 5.068.648,80 \text{ N}$

$6.805.452,78 \text{ N} > 5.068.648,80 \text{ N} \dots \dots \dots \text{(OK)}$

#### 6.2.4 Penulangan Lentur Poer

##### A. Penulangan arah x



Gambar 6.3 Pembebanan Poer Type 1(arah x)

- Berat poer (qu) =  $2,75 \times 1 \times 2.400 = 6.600 \text{ kg/m}^3$
- $P_{f1} = P_1 + P_4 = 97.758,25 + 79.061,49 = 178.819,74 \text{ kg}$
- $P_{f2} = P_2 + P_5 = 99.377,86 + 80.681,10 = 180.058,97 \text{ kg}$
- $P_{f3} = P_3 + P_6 = 100.997,47 + 82.300,61 = 183.298,08 \text{ kg}$
- $P_k = 506.894,18 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer:

$$M_{Pr2} + (0,5 \cdot q_u \cdot 2^2) - (P_{f3} \cdot 1,25) = 0$$

$$M_{Pr2} = -(0,5 \times 6.600 \times 2^2) + (183.598,08 \times 1,25)$$

$$M_{Pr2} = 216.297,6 \text{ kg}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

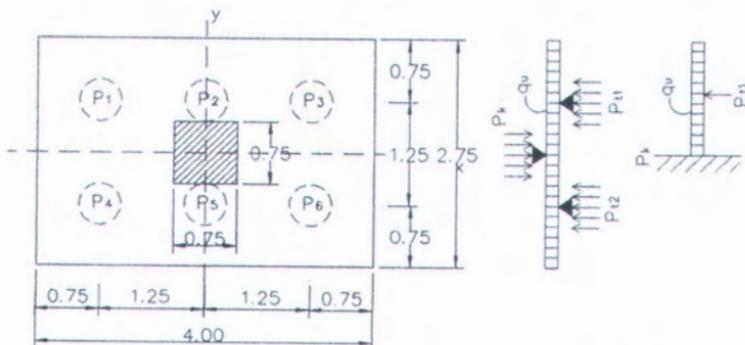
$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{216.297,6 \times 10^4}{0,8 \times 2750 \times 887,5^2} = 1,25 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,25}{400}} \right) = 0,0032 \end{aligned}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0032 \times 2750 \times 887,5 = 7.810 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-150 mm ( $As_{\text{pasang}} = 8.099,42 \text{ mm}^2$ )

## B. Penulangan arah y



Gambar 6.4 Pembebanan Poer Type 1(arah y)

- Berat poer ( $qu$ ) =  $4 \times 1 \times 2.400 = 9.600 \text{ kg/m}^2$
- $P_{t1} = P_1 + P_2 + P_3 = 97.758,25 + 99.377,47 + 100.977,4 = 298.113,19 \text{ kg}$
- $P_{t2} = P_4 + P_5 + P_6 = 79.061,49 + 80.681,10 + 82.300,6 = 242.043,20 \text{ kg}$
- $P_k = 506.894,18 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer:

$$M_{P_k} + (0,5 \cdot q_u \cdot 1,375^2) - (P_{t1} \cdot 0,625) = 0$$

$$M_{P_k} = -(0,5 \times 9.600 \times 1,375^2) + (298.113,19 \times 0,625)$$

$$M_{P_k} = 177.245,74 \text{ kg.m}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{177.245,74 \times 10^4}{0,8 \times 4000 \times 862,5^2} = 0,75 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,75}{400}} \right) = 0,00189 < \rho_{min}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 4000 \times 862,5 = 12.075 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-150 mm ( $As_{pasang} = 12.190,03 \text{ mm}^2$ )

### 6.2.5 Perhitungan Tulangan Geser

$$Vu = P_{13} - (q \cdot L) = 183.298,08 \text{ kg} - (6.600 \times 2) = 170.098,08 \text{ kg}$$

$$\phi V_C = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 4500 \times 887,5 \\ = 2.187.466,96 \text{ N} = 218.746,69 \text{ kg}$$

$\emptyset Vc > Vu$  ..... (tidak perlu tulangan geser)

## 6.3 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 2

### 6.3.1 Perhitungan Daya Dukung

Dari hasil analisa SAP 2000 joint 137 dan 145 comb 13 (1DL+1 LL+1E), didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

Joint 137 :

Axial	:	$P = 407.111,19 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = 54.171,02 \text{ kg.m}$
		$M_y = 13.072,07 \text{ kg.m}$
Gaya Horisontal	:	$H_x = 4.452,13 \text{ kg}$
		$H_y = -18.709,06 \text{ kg}$

Joint 145 :

Axial	:	$P = 337.432,15 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = 49.840,19 \text{ kg.m}$
		$M_y = 11.011,16 \text{ kg.m}$
Gaya Horisontal	:	$H_x = -4.412,66 \text{ kg}$
		$H_y = 18.012,26 \text{ kg}$

Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} : 4 \times 4,5 \times 1 \times 2400 = 43.200 \text{ kg}$$

$$\text{Berat sloof} : 0,4 \times 0,6 \times 12 \times 2400 = 6.912 \text{ kg}$$

$$\text{Beban aksial kolom} : \underline{\underline{= 744.593,34 \text{ kg}}}$$

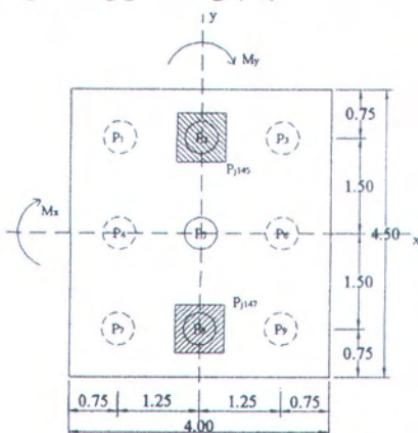
$$\Sigma P = 794.705,34 \text{ kg}$$

Kontrol kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{\text{Pijin}} = \frac{794.705,34}{176.700} = 4,49 \Rightarrow \text{dipakai } n = 9 \text{ buah}$$

Dipakai : jarak antar tiang pancang ( $S$ ) = 125 cm

jarak tepi tiang pancang ( $S_1$ ) = 75 cm



Gambar 6.5 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 2

Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horisontal :

$$\overline{M_x} = (54.171,02 + 49.840,19) + (407.161,19 \times 1,5)$$

$$-(337.432,15 \times 1,5) - (18.709,06 \times 1) + (18.012,26 \times 1) \\ = 207.907,97 \text{ kg.m}$$

$$\overline{M_y} = (13.072,07 + 11.011,16) + (4.452,13 \times 1) - (4.412,66 \times 1)$$

$$= 20.122,7 \text{ kg.m}$$

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 3

n = jumlah baris tiang pancang = 2

$$\text{Efisiensi : } (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left( \frac{500}{1250} \right) \left( \frac{(3-1).3 + (3-1).3}{90.3.3} \right) \right\} \\ = 0,66$$

Sehingga  $Q_{ijin} = 0,66 \times 176.700 = 116.622 \text{ kg}$

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{\overline{Mx}.Y_i}{\sum Y_i^2} \pm \frac{\overline{My}.x_i}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

$P_i$  = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

$Y_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah y

$x_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah x

$\sum y_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah y

$\sum x_i^2 = 6.(1,25)^2 = 9,375 \text{ m}^2$

$\sum y_i^2 = 6.(1,5)^2 = 13,5 \text{ m}^2$

$$P_1 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} - \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 108.712 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 0)}{9,375} = 111.395 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 114.084 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 0)}{13,5} - \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 85.612 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 0)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 0)}{9,375} = 88.295 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{794.705,34}{9} + \frac{(207.907,97 \times 0)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 90.978 \text{ kg}$$

$$P_7 = \frac{794.705,34}{9} - \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} - \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 62.511 \text{ kg}$$

$$P_8 = \frac{794.705,34}{9} - \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 0)}{9,375} = 65.194 \text{ kg}$$

$$P_9 = \frac{794.705,34}{9} - \frac{(207.907,97 \times 1,5)}{13,5} + \frac{(20.122 \times 1,25)}{9,375} = 67.877 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimal yang diterima 1 tiang adalah 114.084,51 kg

Pmaks = 114.084,51 kg < Qjin = 116.622 kg

### 6.3.2 Perencanaan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer ( B x L ) = 400 x 450 cm
- Tebal poer ( t ) = 100 cm
- Diameter tulangan utama = D 25 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm
- Tinggi efektif balok poer  
 Arah x (  $d_x$  ) =  $1000 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887,5$  mm  
 Arah y (  $d_y$  ) =  $1000 - 100 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 862,5$  mm

### 6.3.3 Kontrol Geser Pons Poer

Dari hasil perencanaan :

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b_k = h_k = 750 \text{ mm}$$

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana  $V_c$  diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut :

$$1) V_C = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_0 \times d}{6}$$

(SNI-03-2847-2002 s.13.12.2.1(a))

$$2) V_C = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12}$$

(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(b))

dimana  $\alpha_s = 40$  untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut.

$$3) V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_o \times d \quad \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(c))}$$

dimana :  $\beta_c$  = rasio dari sisi terpanjang terhadap sisi terpendek  
dari beban terpusat ( $\beta_c = 750/750 = 1$ )

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\ &= 4 (750 + 1.000) = 7.000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_0 \times d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{6} = 17.013.631,94 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c} \times b_o \times d}{12} \\ &= \left(\frac{40 \times 887,5}{7000} + 2\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{12} = 20.051.780,50 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 7000 \times 887,5 = 11.342.421,30 \text{ N} \text{ (menentukan)} \end{aligned}$$

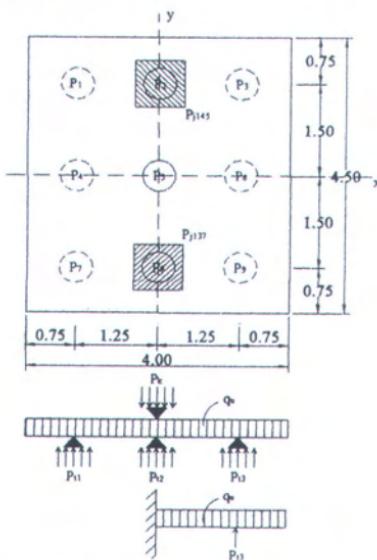
$$\phi \cdot Vc > Vu$$

$$0,6 \times 11.342.421,30 \text{ N} > 4.071.111,9 \text{ N}$$

$$6.805.452,78 \text{ N} > 4.071.111,9 \text{ N} \dots \dots \text{(OK)}$$

### 6.3.4 Penulangan Lentur Poer

#### A. Penulangan arah x



Gambar 6.6 Pembebatan Poer Type 2( arah x )

- Berat poer ( $qu$ ) =  $4,5 \times 1 \times 2400 = 10.800 \text{ kg/m}^3$
- $P_{t1} = P_1 + P_4 + P_7 = 108.712,90 + 85.612,01 + 62.511,13 = 256.836,04 \text{ kg}$
- $P_{t2} = P_3 + P_6 + P_9 = 114.084,51 + 90.978,06 + 67.877,18 = 272.939,75 \text{ kg}$
- $P_{t3} = P_2 + P_5 + P_8 = 111.395,92 + 88.925,04 + 65.194,15 = 265.515,11 \text{ kg}$
- $P_k = 744.593,34 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer:

$$\begin{aligned} Mu &= (P_{t3} \cdot 1,25) - (0,5 \cdot q \cdot L^2) = (265.515,11 \times 1,25) - (0,5 \times 10.800 \times 2^2) \\ &= 310.293,89 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{310.293,89 \times 10^4}{0,8 \times 4.500 \times 887,5^2} = 1,09 \text{ Mpa}$$

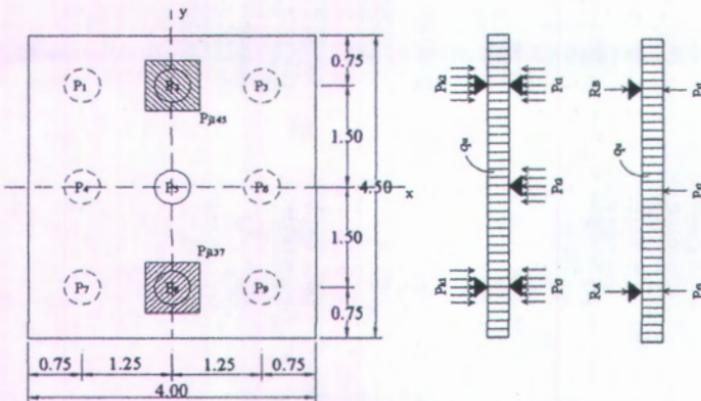
$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,09}{400}} \right) = 0,002797$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,002797 \times 4.500 \times 887,5 = 11.170,96 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-175 mm ( $As_{\text{pasang}} = 11.851,09 \text{ mm}^2$ )

### B. Penulangan arah y



Gambar 6.7 Pembebatan Poer Type 2 ( arah y )

- Berat poer ( $qu$ ) =  $4 \times 1 \times 2.400 = 9.600 \text{ kg/m}^2$
- $P_1 = P_1 + P_2 + P_3 = 108.712,90 + 111.395,92 + 114.084,51$   
 $= 334.193,33 \text{ kg}$

- $P_{t2} = P_4 + P_5 + P_6 = 85.612,01 + 88.295,04 + 90.978,06 = 264.885,11 \text{ kg}$
- $P_3 = P_7 + P_8 + P_9 = 62.511,13 + 65.194,15 + 67.877,18 = 195.582,46 \text{ kg}$
- $P_{k1} = 407.111,19 \text{ kg}$
- $P_{k2} = 337.432,15 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer:

$$R_A = P_{k1} - \left( \frac{q_u l}{2} \right) = 407.111,19 - \left( \frac{9.600 \times 4,5}{2} \right) = 385.511,19 \text{ kg}$$

$$R_B = P_{k2} - \left( \frac{q_u l}{2} \right) = 337.432,15 - \left( \frac{9.600 \times 4,5}{2} \right) = 315.832,15 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M &= (-R_A \cdot 3,75) + (P_{t3} \cdot 3,75) + (P_{t2} \cdot 1,5) - (0,5 \cdot q_u \cdot 3,75^2) \\ &= (-385.511,19 \times 3,75) + (195.582,46 \times 3,75) + (264.885,11 \times 1,5) \\ &\quad - (0,5 \times 9.600 \times 3,75^2) = -382.406,07 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{382.405,07 \times 10^4}{0,8 \times 4000 \times 862,5^2} = 1,61 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,61}{400}} \right) = 0,0042 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0042 \times 4000 \times 862,5 = 14.490 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan D } 25-125 \text{ mm } (As_{pasang} = 14.628,04 \text{ mm}^2)$$

### 6.3.5 Perhitungan Tulangan Geser

$$V_u = P_{k2} - P_{tl} + (q_u \cdot 0,75) \\ = 337.432,15 - 334.193,33 + (9600 \times 0,75) = 10.438,82 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 4000 \times 862,5 \\ = 1.889.642,82 \text{ N} = 188.964,28 \text{ kg}$$

$\bar{\sigma} V_c > V_u$  .....tidak perlu tulangan geser

## 6.4 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 3

### 6.4.1 Perhitungan Daya Dukung

Dari hasil analisa SAP 2000 joint 142, 143, 150 dan 145 comb 13 (1DL+1LL+1E), didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

Joint 142 :

Axial	:	$P = 237.401,89 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = 50.904,92 \text{ kg.m}$ $M_y = -13.048,09 \text{ kg.m}$
Gaya Horisontal	:	$H_x = -4.542,35 \text{ kg}$ $H_y = -16.379,58 \text{ kg}$

Joint 143 :

Axial	:	$P = 220.175,46 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = 51.285,73 \text{ kg.m}$ $M_y = -11.706,78 \text{ kg.m}$
Gaya Horisontal	:	$H_x = -3.504,29 \text{ kg}$ $H_y = -16.702,83 \text{ kg}$

Joint 150 :

Axial	:	$P = 272.209,19 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = -51.562,71 \text{ kg.m}$ $M_y = -14.421,10 \text{ kg.m}$
Gaya Horisontal	:	$H_x = -5.551,43 \text{ kg}$ $H_y = 16798,90 \text{ kg}$

Joint 151 :

Axial	:	$P = 241.619,57 \text{ kg}$
Momen	:	$M_x = -51.862,11 \text{ kg.m}$ $M_y = -11.939,40 \text{ kg.m}$

Gaya Horisontal :  $H_x = -3.611,14 \text{ kg}$   
 $H_y = 17.059,00 \text{ kg}$

Beban Nominal yang bekerja :

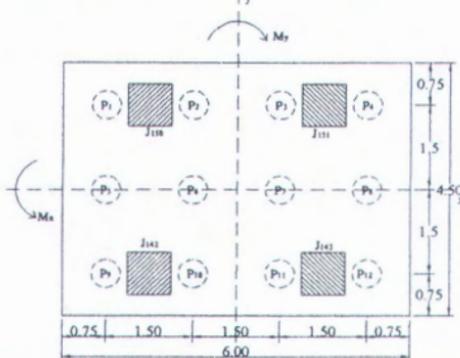
Berat sendiri poer	: $6 \times 4,5 \times 1 \times 2400$	= 64.800 kg
Berat sloof	: $0,4 \times 0,6 \times 9 \times 2400$	= 5.184 kg
Beban aksial kolom :		<u>= 971.406,11 kg +</u>
		$\Sigma P = 1.041.390,11 \text{ kg}$

Kontrol kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{\text{Pijin}} = \frac{1.041.390,11}{176.700} = 5,89 \Rightarrow \text{dipakai } n = 12 \text{ buah}$$

Dipakai : jarak antar tiang pancang ( $S$ ) = 150 cm

jarak tepi tiang pancang ( $S_1$ ) = 75 cm



Gambar. 6.8 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 3

Momen yang bekerja pada poer akibat adanya gaya horisontal :

$$\overline{M}_x = (50.904,92 + 51.285,73 - 51.562,71 - 51.562,11)$$

$$-(16.379,58 \times 1) - (16.702,83 \times 1) + (16.798,90 \times 1) + (17.059,00 \times 1) \\ + (237.401,89 \times 1,5) + (220.175,46 \times 1,5) \\ -(272.209,29 \times 1,5) - (241.619,57 \times 1,5) = -84.835,80 \text{ kg.m}$$

$$\overline{M}_y = (-13.048,09 - 11.706,78 - 14.421,10 - 11.939,40) - (4.542,35 \times 1)$$

$$-(3.504,29 \times 1) - (5.551,43 \times 1) - (3.611,14 \times 1) + (237.401,89 \times 1,5) \\ + (272.209,19 \times 1,5) - (220.175,46 \times 1,5) - (241.629,57 \times 1,5)$$

$$= 3.399,50 \text{ kg.m}$$

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

$$\text{Efisiensi} : (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arc tg} \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 4

n = jumlah baris tiang pancang = 3

$$\text{Efisiensi} : (\eta) = 1 - \left\{ \operatorname{arc tg} \left( \frac{500}{1500} \right) \left( \frac{(4-1).3 + (3-1).4}{90.4.3} \right) \right\}$$

$$= 0,70$$

$$\text{Sehingga } Qijin = 0,70 \times 176.700 = 123.690 \text{ kg}$$

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{\overline{Mx}.Yi}{\sqrt{\sum Y_i^2}} \pm \frac{\overline{My}.xi}{\sqrt{\sum x_i^2}}$$

Dimana :

$P_i$  = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

$Y_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah y

$x_i$  = jarak tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah x

$\sum y_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang dalam arah y

$$\sum x_i^2 = (6,2,25^2) + (6,0,75^2) = 33,75 \text{ m}^2$$

$$\sum y_i^2 = (8,1,5^2) = 18 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \frac{1.041.390,11}{12} - \frac{(84.835,80 \times 1,5)}{18} - \frac{(3.399,50 \times 2,25)}{33,75} = 79.486 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{1.041.390,11}{12} - \frac{(84.835,80 \times 1,5)}{18} - \frac{(3.399,5 \times 0,75)}{33,75} = 79.637 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{1.041.390,11}{12} - \frac{(84.835,80 \times 1,5)}{18} + \frac{(3.399,5 \times 0,75)}{33,75} = 79.788 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{1.041.390,11}{12} - \frac{(84.835,80 \times 1,5)}{18} + \frac{(3.399,50 \times 2,25)}{33,75} = 79.939 \text{ kg}$$

$$P_5 = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 0)}{18} - \frac{(3.399,50 \times 2,25)}{33,75} = 86.555 \text{ kg}$$

$$P_6 = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 0)}{18} - \frac{(3.399,50 \times 0,75)}{33,75} = 86.706 \text{ kg}$$

$$P_7 = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 0)}{18} + \frac{(3.399,50 \times 0,75)}{33,75} = 86.858 \text{ kg}$$

$$P_8 = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 0)}{18} + \frac{(3.399,50 \times 2,25)}{33,75} = 87.009 \text{ kg}$$

$$P_9 = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 2,25)}{18} - \frac{(3.399 \times 2,25)}{33,75} = 97.160 \text{ kg}$$

$$P_{10} = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 2,25)}{18} - \frac{(3.399 \times 0,75)}{33,75} = 97.311 \text{ kg}$$

$$P_{11} = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 2,25)}{18} + \frac{(3.399 \times 0,75)}{33,75} = 97.462 \text{ kg}$$

$$P_{12} = \frac{1.041.390,11}{12} + \frac{(84.835,80 \times 2,25)}{18} + \frac{(3.399 \times 2,25)}{33,75} = 97.613 \text{ kg}$$

Jadi beban maksimal yang diterima 1 tiang adalah 103.926,11 kg  
 $P_{\text{maks}} = 97.613,62 \text{ kg} < Q_{\text{jin}} = 123.690 \text{ kg}$

#### 6.4.2 Perencanaan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer ( B x L ) = 600 x 450 cm
- Tebal poer ( t ) = 100 cm
- Diameter tulangan utama = D 25 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm
- Tinggi efektif balok poer

$$\text{Arah } x (d_x) = 1000 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 887,5 \text{ mm}$$

$$\text{Arah } y (d_y) = 1000 - 100 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 = 862,5 \text{ mm}$$

### 6.4.3 Kontrol Geser Pons Poer

Dari hasil perencanaan :

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b_k = h_k = 750 \text{ mm}$$

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana  $V_c$  diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut :

$$1) V_C = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{6}$$

(SNI-03-2847-2002 s.13.12.2.1(a))

$$2) V_C = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}$$

(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(b))

dimana  $\alpha_s = 40$  untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut.

$$3) V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(c))}$$

dimana :  $\beta_c$  = rasio dari sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat ( $\beta_c = 750/750 = 1$ )

$b_o$  = keliling dari penampang kritis  
 $= 4 (750 + 1.000) = 7.000 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_C &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{6} = 17.013.631,94 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_C = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}$$

$$= \left( \frac{40 \times 887,5}{7000} + 2 \right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{12} = 20.051.780,50 \text{ N}$$

$$V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \times b_o \times d$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 7000 \times 887,5 = 11.342.421,30 \text{ N} \text{ (menentukan)}$$

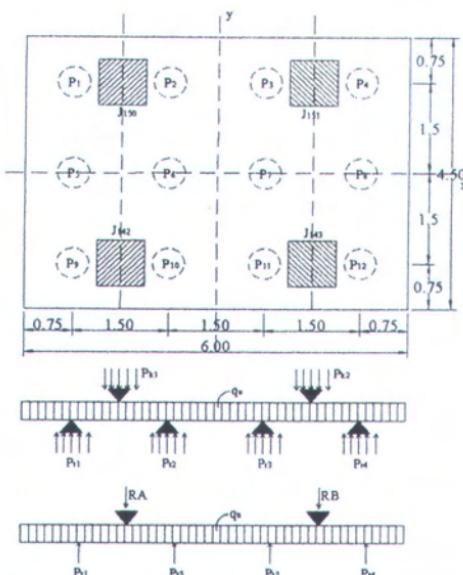
$$\phi Vc > Vu$$

$$0,6 \times 11.342.421,30 \text{ N} > 2.722.091,9 \text{ N}$$

6.805.452,78 N > 2.722.091,9 N ..... (OK)

#### 6.4.4 Penulangan Lentur Poer

##### A. Penulangan arah x



Gambar 6.9 Pembebanan poer Type 3 ( arah x )

- Berat poer ( $qu$ ) =  $4,5 \times 1 \times 2400 = 10.800 \text{ kg/m}^2$
- $P_{t1} = P_1 + P_5 + P_9 = 79.486,23 + 86.555,88 + 97.160,35 = 263.202,46 \text{ kg}$

- $P_{i_2} = P_2 + P_6 + P_{10} = 79.637,32 + 86.706,96 + 97.311,44$   
 $= 263.655,72 \text{ kg}$
- $P_{i_3} = P_3 + P_7 + P_{11} = 79.788,40 + 86.858,05 + 97.462,53$   
 $= 264.108,98 \text{ kg}$
- $P_{i_4} = P_4 + P_8 + P_{12} = 79.939,49 + 87.009,14 + 97.613,62$   
 $= 264.456,25 \text{ kg}$
- $P_{k_1} = P_{j142} + P_{j150} = 237.401,89 + 272.209,19$   
 $= 509.611,08 \text{ kg}$
- $P_{k_2} = P_{j143} + P_{j151} = 220.175,46 + 241.619,57$   
 $= 461.795,03 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer

$$R_A = P_{k_1} - (q_u \cdot 6) / 2 = 509.611,08 - (10.800 \times 6) / 2 = 477.211,08 \text{ kg}$$

$$R_B = P_{k_2} - (q_u \cdot 6) / 2 = 461.795,03 - (10.800 \times 6) / 2 = 429.395,03 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} M &= (-R_A \cdot 3) + (P_{i_1} \cdot 3,75) + (P_{i_2} \cdot 2,25) + (P_{i_3} \cdot 0,75) - (0,5 \cdot q_u \cdot 4,5^2) \\ &= (-477.211,08 \times 3) + (263.202,46 \times 3,75) + (263.655,72 \times 2,25) \\ &\quad + (264.108,98 \times 0,75) - (0,5 \times 10.800 \times 4,5^2) = 237.333,09 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

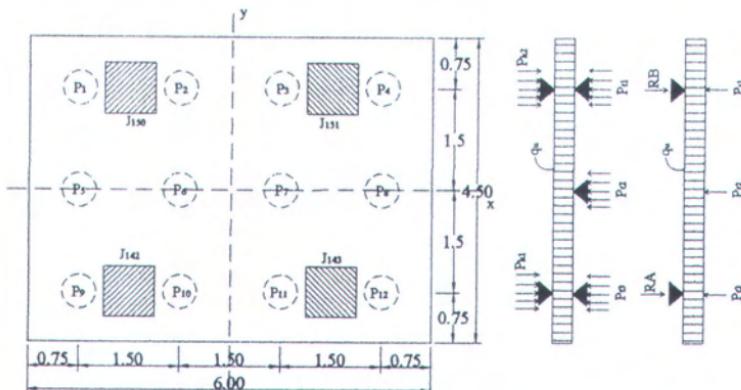
$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{237.333,09 \times 10^4}{0,8 \times 4500 \times 887,5^2} = 0,84 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,84}{400}} \right) = 0,00213 < \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 4500 \times 887,5 = 13.978,125 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-125 mm ( $As_{pasang} = 16.591,54 \text{ mm}^2$ )

### B. Penulangan arah y



Gambar 6.10 Pembebatan Poer Type 3( arah y )

- Berat poer ( $qu$ ) =  $6 \times 1 \times 2.400 = 14.400 \text{ kg/m}^3$
- $P_{t1} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$   
 $= 79.486,23 + 79.637,32 + 79.788,40 + 79.939,49$   
 $= 318.851,44 \text{ kg}$
- $P_{t2} = P_5 + P_6 + P_7 + P_8$   
 $= 86.555,88 + 86.706,96 + 86.858,05 + 87.009,14$   
 $= 347.130,03 \text{ kg}$
- $P_{t3} = P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12}$   
 $= 97.160,35 + 97.311,44 + 97.462,53 + 97.613,62$   
 $= 389.547,94 \text{ kg}$
- $P_{k1} = P_{j142} + P_{j143} = 237.401,89 + 220.175,46$   
 $= 457.577,35 \text{ kg}$
- $P_{k2} = P_{j150} + P_{j151} = 272.209,19 + 241.619,57$   
 $= 513.828,76 \text{ kg}$

Momen yang bekerja pada poer

$$R_A = P_{k1} - (q_u \cdot 4,5) / 2 = 457.577,35 - (14.400 \times 4,5) / 2 \\ = 425.177,35 \text{ kg}$$

$$R_B = P_{k2} - (q_u \cdot 6) / 2 = 513.828,76 - (14.400 \times 4,5) / 2 \\ = 481.428,76 \text{ kg}$$

$$M = (-R_A \cdot 3) + (P_{t3} \cdot 3) + (P_{t2} \cdot 1,5) - (0,5 \cdot q_u \cdot 3,75^2) \\ = (-425.177,35 \times 3) + (389.547,94 \times 3) + (347.130,03 \times 1,5) \\ -(0,5 \times 14.400 \times 3,75^2) = 312.556,82 \text{ kg}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{312.556,82 \times 10^4}{0,8 \times 6000 \times 862,5^2} = 0,88 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,88}{400}} \right) = 0,00223 < \rho_{\min}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 6000 \times 862,5 = 18.112,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pakai tulangan D } 25-150 \text{ mm } (As_{\text{pasang}} = 18.735,02 \text{ mm}^2)$$

#### 6.4.5 Perhitungan Tulangan Geser

$$Vu = (q_u \cdot l) / 2 = (14.400 \times 4,5) / 2 = 32.400 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_C = 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 4500 \times 862,5 \\ = 2.125.848,18 \text{ N} = 212.584,82 \text{ kg}$$

$\emptyset Vc > Vu$  ..... tidak perlu tulangan geser

## 6.5 Perencanaan Pondasi Kelompok Tiang Type 4

### 6.5.1 Perhitungan Daya Dukung

Dari hasil analisa SAP 2000 joint 125 comb 13 (1DL+1LL+1E), didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} \text{Axial} & : P = 34.355,32 \text{ kg} \\ \text{Momen} & : M_x = -62.538,09 \text{ kg.m} \\ & \quad M_y = 13.743,50 \text{ kg.m} \\ \text{Gaya Horisontal} & : H_x = 5.220,53 \text{ kg} \\ & \quad H_y = 25.270,97 \text{ kg} \end{array}$$

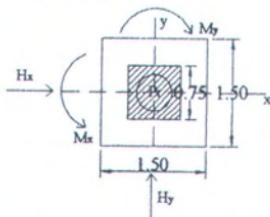
Beban Nominal yang bekerja :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri poer} & : 1,5 \times 1,5 \times 1 \times 2400 = 5400 \text{ kg} \\ \text{Berat sloof} & : 0,4 \times 0,6 \times 12,25 \times 2400 = 7056 \text{ kg} \\ \text{Beban aksial kolom} & : \underline{\underline{= 34.355,3 \text{ kg}}} \\ & \Sigma P = 46.811,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kebutuhan tiang pancang :

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} = \frac{46.811,3}{176.700} = 0,26 \Rightarrow \text{dipakai } n = 1 \text{ buah}$$

Dipakai : jarak tepi tiang pancang ( $S_1$ ) = 75 cm  
 $P_{maks} = 46.811,32 \text{ kg} < P_{ijin}$  .....OK



Gambar 6.11 Perletakan Tiang Pancang Pada Poer Type 4

### 6.5.2 Perencanaan Poer

Data-data perencanaan :

- Dimensi poer ( B x L ) = 150 x 150 cm
- Tebal poer ( t ) = 100 cm
- Diameter tulangan utama = D 25 mm
- Tebal selimut beton = 100 mm
- Tinggi efektif balok poer

$$\begin{array}{lll} \text{Arah x } (d_x) & = 1000 - 100 - \frac{1}{2} \cdot 25 & = 887,5 \text{ mm} \\ \text{Arah y } (d_y) & = 1000 - 100 - 25 - \frac{1}{2} \cdot 25 & = 862,5 \text{ mm} \end{array}$$

### 6.5.3 Kontrol Geser Pons Poer

Dari hasil perencanaan :

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

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b_k = h_k = 750 \text{ mm}$$

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi, dimana  $V_c$  diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut :

$$1) V_C = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{6}$$

(SNI-03-2847-2002 s.13.12.2.1(a))

$$2) V_C = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_o \times d}{12}$$

(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(b))

dimana  $\alpha_s = 40$  untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut.

$$3) V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \quad \dots \dots \text{(SNI-03-2847-2002 ps.13.12.2.1(c))}$$

dimana :  $\beta_c$  = rasio dari sisi terpanjang terhadap sisi terpendek dari beban terpusat ( $\beta_c = 750/750 = 1$ )

$$\begin{aligned} b_o &= \text{keliling dari penampang kritis} \\ &= 4(750 + 1.000) = 7.000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_C &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f'_c} \times b_0 \times d}{6} \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{6} = 17.013.631,94 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_C = \left( \frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

$$= \left( \frac{40 \times 887,5}{7000} + 2 \right) \frac{\sqrt{30} \times 7000 \times 887,5}{12} = 20.051.780,50 \text{ N}$$

$$V_C = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$= \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 7000 \times 887,5 = 11.342.421,30 \text{ N} \text{ (menentukan)}$$

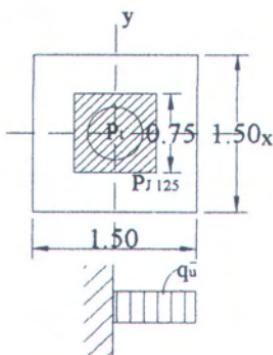
$$\phi \cdot Vc > Vu$$

$$0,6 \times 11.342.421,30 \text{ N} > 343.553,20 \text{ N}$$

6.805.452,78 N > 343.553,20 N..... (OK)

#### 6.5.4 Penulangan Lentur Poer

##### A. Penulangan arah x



Gambar 6.12 Pembebatan Poer Type 4 ( arah x )

- Berat poer ( $q_u$ ) =  $1,5 \times 1 \times 2400 = 3.600 \text{ kg/m}^3$

Momen yang bekerja pada poer

$$\begin{aligned} Mu &= 0,5 \cdot qu \cdot 0,75^2 \\ &= (0,5 \times 3.600 \times 0,75^2) \\ &= 1.012,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

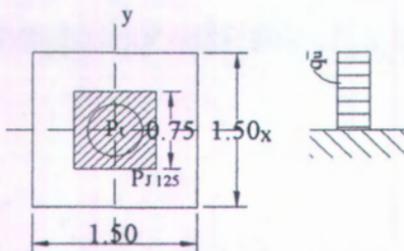
$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{1.012 \times 10^4}{0,8 \times 1500 \times 887,5^2} = 0,01 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,01}{400}} \right) = 0,0000268 < \rho_{\min}\end{aligned}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1500 \times 887,5 = 4.659,38 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-125 mm ( $As_{\text{pasang}} = 4.810,56 \text{ mm}^2$ )

### B. Penulangan arah y



Gambar 6.13 Pembebatan Poer Type 4 ( arah y )

- Berat poer (qu) =  $1,5 \times 1 \times 2400 = 3.600 \text{ kg/m}^3$

Momen yang bekerja pada poer

$$Mu = 0,5 \cdot qu \cdot 0,75^2$$

$$= (0,5 \times 3.600 \times 0,75^2)$$

$$= 1.012,50 \text{ kg.m}$$

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh :

$$m = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,0035$$

$$\rho_{\max} = 0,02324$$

$$Rn = \frac{Mu}{\varphi \times b \times d^2} = \frac{1.012 \times 10^4}{0,8 \times 1500 \times 862,5^2} = 0,011 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,011}{400}} \right) = 0,0000283 < \rho_{\min}\end{aligned}$$

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1500 \times 862,5 = 4.528,13 \text{ mm}^2$$

Pakai tulangan D 25-125 mm ( $As_{\text{pasang}} = 4.810,56 \text{ mm}^2$ )

### 6.5.5 Perhitungan Tulangan Geser

$$Vu = q_u \cdot l = 3.600 \times 0,75 = 2.700 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,6 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,6 \times \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \times 1500 \times 862,5 \\ &= 708.616,06 \text{ N} = 70.861,61 \text{ kg}\end{aligned}$$

$\emptyset V_c > Vu$  ..... tidak perlu tulangan geser

### 6.6 Perencanaan Sloof

Data – data perencanaan :

- Dimensi sloof :  $b = 400 \text{ mm}$   
 $h = 600 \text{ mm}$   
 $A_g = 240.000 \text{ mm}^2$
- Mutu bahan :  $f'_c = 30 \text{ MPa}$   
 $f_y = 400 \text{ MPa}$
- Selimut Beton = 50 mm
- Tulangan utama = D 22
- Tulangan sengkang =  $\emptyset 10$
- Tinggi efektif ( $d$ ) =  $600 - (50 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22) = 529 \text{ mm}$



Tegangan ijin tarik beton :

$$fr_{ijin} = 0,70 \cdot \sqrt{f'_c} = 0,70 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ Mpa} (\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 11.5.2)(3)}$$

$P_u = 10\% P_u \text{ kolom}$

$$\begin{aligned} &= 10\% \times 506.864,88 \text{ kg} \\ &= 506.864,88 \text{ N} \end{aligned}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$fr = \frac{P_u}{\varphi b h} = \frac{506.864,88}{0,80 \times 400 \times 600} = 2,64 \text{ Mpa} < fr_{ijin} \dots \text{OK}$$

(Dimensi sloof telah memenuhi).

Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{- Berat sendiri sloof} = 1,2 \times 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 1,2 \times 4 \text{ m} \times 250 = 1200 \text{ kg/m}$$

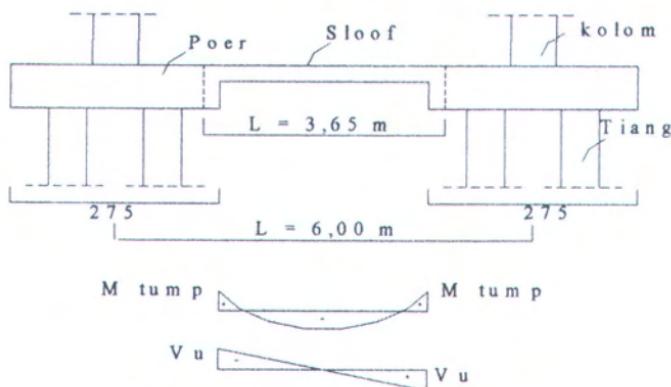
$$q_u = 1891,2 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang sloof} &= (\text{panjang bentang} - \text{lebar poer}) + \text{daerah penjepitan} \\ &= (6,00 - 2,75) + 0,4 = 3,65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= 1/12 q_u L^2 \\ &= 1/12 \times 1891,2 \text{ kg/m} \times 3,65^2 \\ &= 2.099,626 \text{ kg.m} = 20.996.260 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

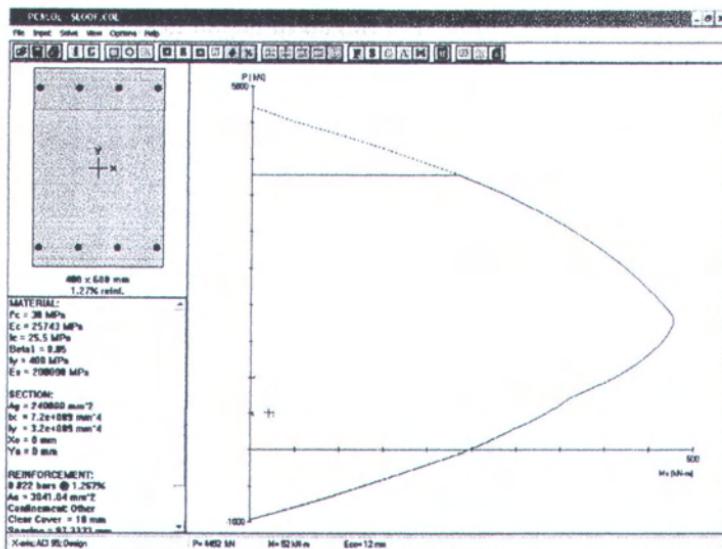
$$\begin{aligned} M_{u \text{ lapangan}} &= 1/2 M_{u \text{ tumpuan}} \\ &= 1/24 \times 1891,2 \times 3,65^2 \\ &= 10.498.130 \text{ kg.m} = 10.498.130 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D(V_u) &= 1/2 q_u L \\ &= 1/2 \times 1891,2 \times 3,65 \\ &= 3451,44 \text{ kg} = 64.514,4 \text{ N} \end{aligned}$$



Gambar 6.14 Posisi Perletakan sloof

### 6.6.1 Penulangan Lentur Pada Sloof



Gambar 6.15 Diagram Interaksi Sloof

Dari analisa PCACOL didapat :

$$\rho = 1,27 \%$$

Dipasang tulangan : 4 D 22 (As = 1524 mm<sup>2</sup>)

Dipasang tulangan : 4 D 22 (As' = 1524 mm<sup>2</sup>)

### 6.6.2 Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 34514,40 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_{c'}} b \cdot d \quad (\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 13.3.1}).(2) \\ &= \left(1 + \frac{34514,40 \text{ N}}{14 \times 240000 \text{ mm}^2}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \text{ MPa} \times 300 \text{ mm} \times 529 \text{ mm} \\ &= 146.360,77 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 146.360,77 \text{ N} = 87.816,46 \text{ N}$$

Karena Vu < φ Vc maka tidak diperlukan tulangan geser.

Dipakai tulangan geser praktis jarak maksimum

$$Smaks = \frac{d}{2} = \frac{529}{2} = 264,5 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang Ø10 – 250 mm.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam perencanaan struktur yang terletak pada daerah yang memiliki intensitas gempa yang tinggi perlu dipertimbangkan adanya gaya lateral yang bekerja terhadap struktur. Karena beban gempa ini sangat mempengaruhi dalam perencanaan struktur karena beban ini merupakan salah satu faktor dari kegagalan suatu struktur.
2. Dalam analisa struktur agar struktur sekunder (balok anak, balok bordes, balok penggantung lift, pelat dan tangga) berfungsi sebagai penyalur beban, maka dalam pemodelan strukturnya dipisahkan dengan struktur primer. Reaksi-reaksi dari struktur sekunder kemudian berfungsi sebagai beban untuk struktur primer.
3. Sebelum dilakukan perhitungan struktur (output gaya-gaya dalam dari analisis) perlu dilakukan kontrol terhadap analisa struktur yaitu kontrol drift, partisipasi massa,  $V_t > 0,8 V_1$ , kontrol reaksi ( $\sum V = 0$  ;  $\sum H = 0$  dan  $\sum M = 0$ ).
4. Dalam perencanaan pelat digunakan ketebalan pelat  $\geq h_{\min}$  menghasilkan rasio tulangan tarik  $< \rho_{\min}$ , sehingga ketebalan pelat dapat lebih efisiensi.
5. Perencanaan tangga dengan analisa 3D menghasilkan momen yang lebih kecil jika dibandingkan analisa 2D.
6. Dalam perencanaan penulangan balok dengan tulangan rangkap akan efisien jika  $\rho = 0,5 \cdot \rho_{\max} = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$ .

## 7.2 Saran

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka disarankan :

1. Dalam perencanaan ketebalan pelat dapat digunakan ketebalan  $< h_{min}$ , tetapi dalam perhitungannya perlu dikontrol terhadap lendutan yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja pada pelat agar lebih efisien.
  2. Untuk menghasilkan dimensi struktur primer yang efisien dan memenuhi syarat-syarat yang ditentukan, maka perlu dilakukan analisa secara bertahap dengan menggunakan dimensi minimum yang ditentukan sampai memperoleh dimensi yang tepat. Dalam hal ini perlu dikontrol diantaranya kontrol drift, partisipasi massa,  $V_t > 0,8 V_1$ , kontrol reaksi ( $\sum V = 0$ ;  $\sum H = 0$  dan  $\sum M = 0$ ).

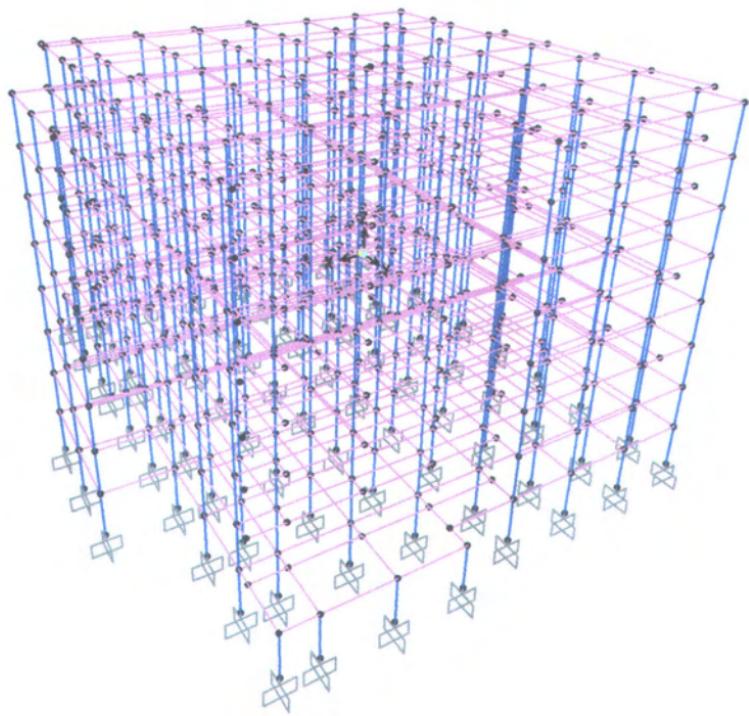
## **DAFTAR PUSTAKA**

- Badan Standardisasi Nasional.2002.Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03–1726–2002).
- Badan Standardisasi Nasional.2002.Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03 –2847–2002 )
- Charles G. Salmon, Chu-Kia Wang.1994. Disain Beton Bertulang, Edisi Keempat. Jakarta : Erlangga
- Departemen Pekerjaan Umum.1983.Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.Bandung :Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Paulay,T.,and Priestley M.J.N.1991.Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings. John Wiley & Sons, INC
- Rahmat Purwono, Prof. Ir. Msc.2005. Perencanaan struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, Edisi Pertama, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

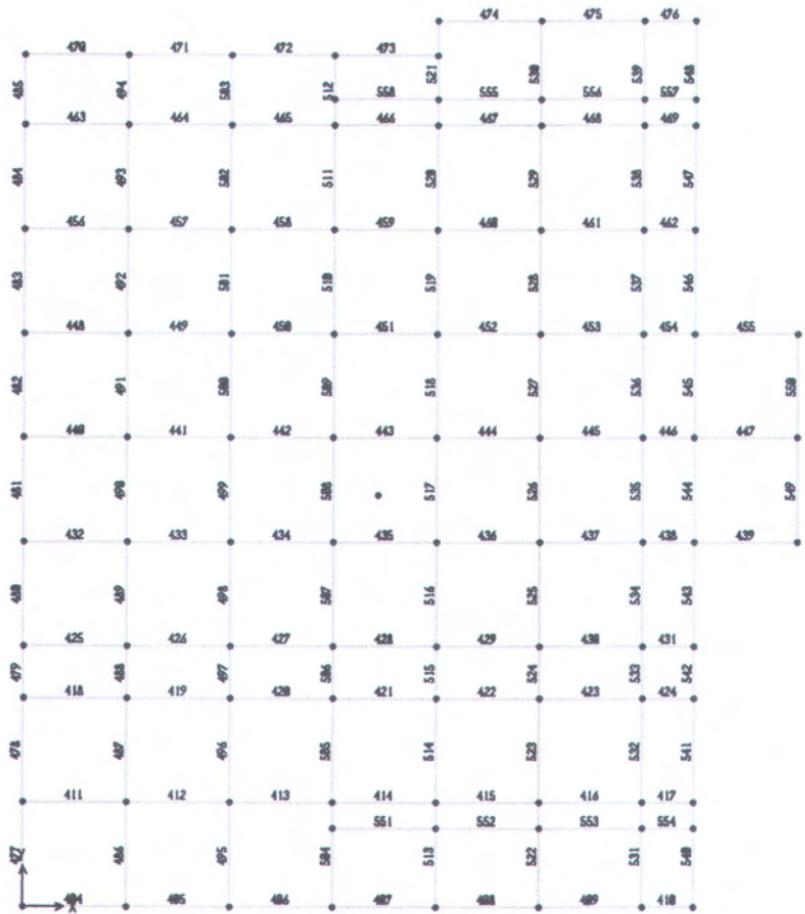


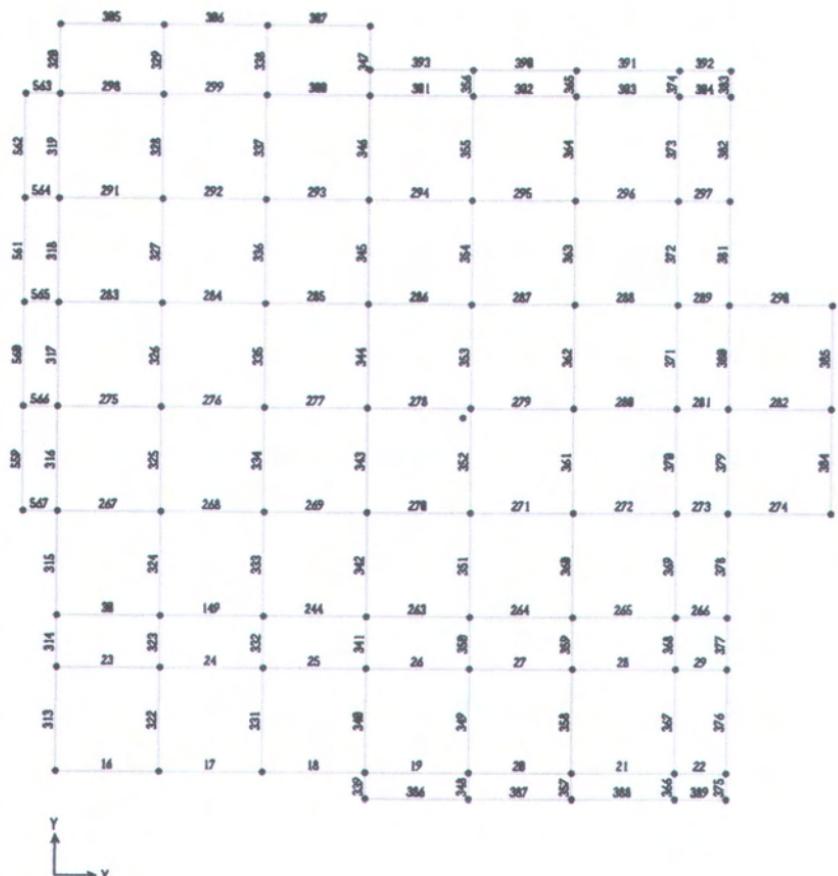
**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

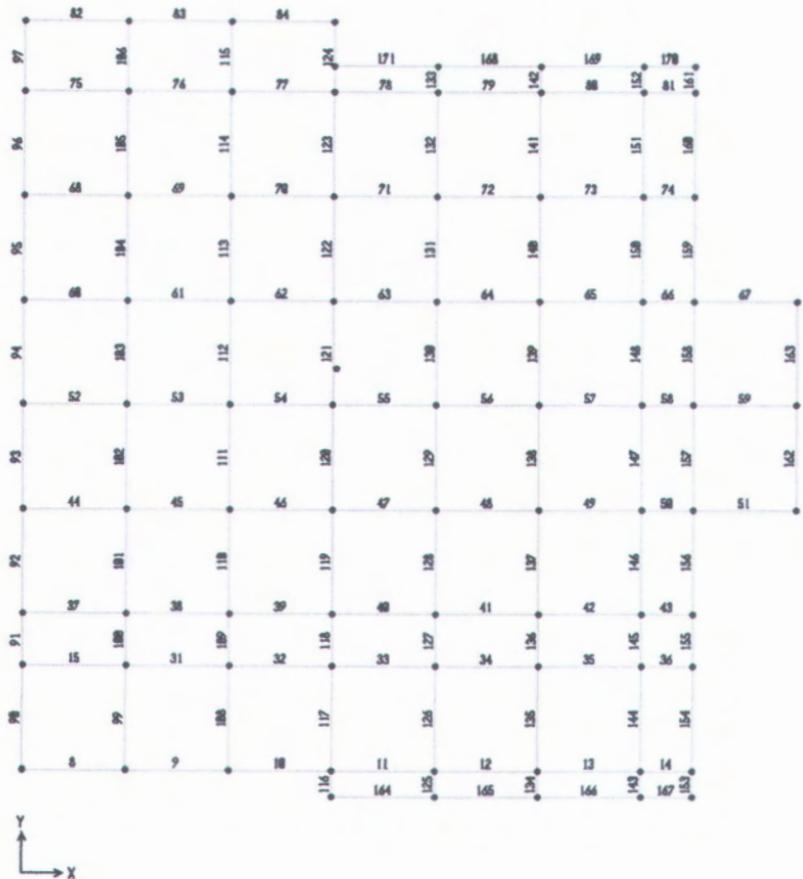
## **LAMPIRAN**

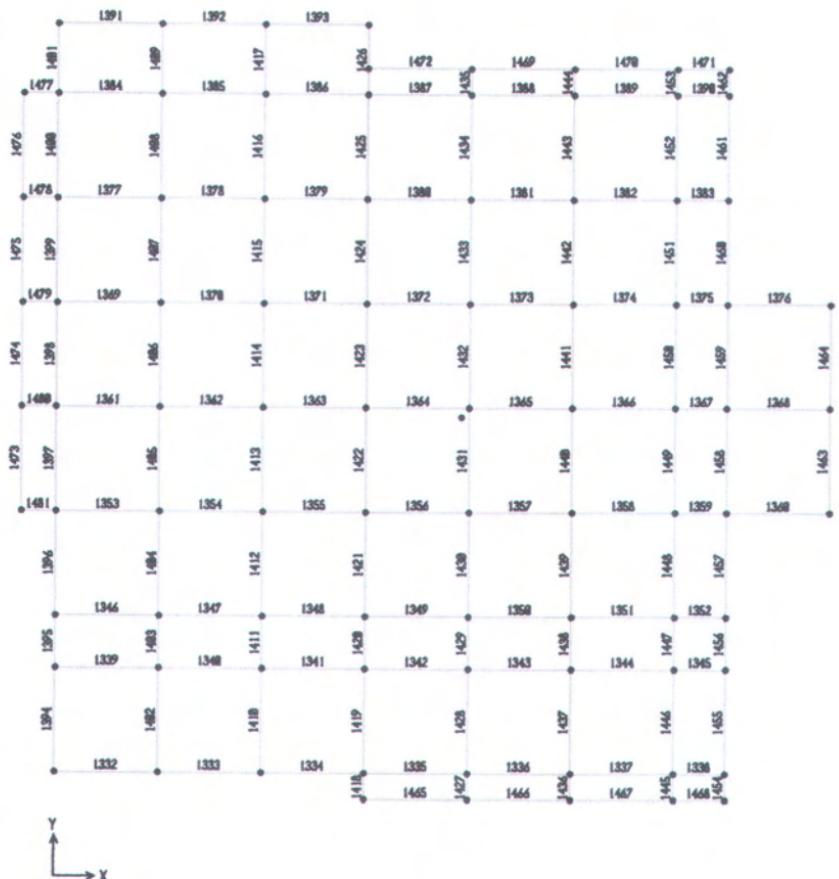


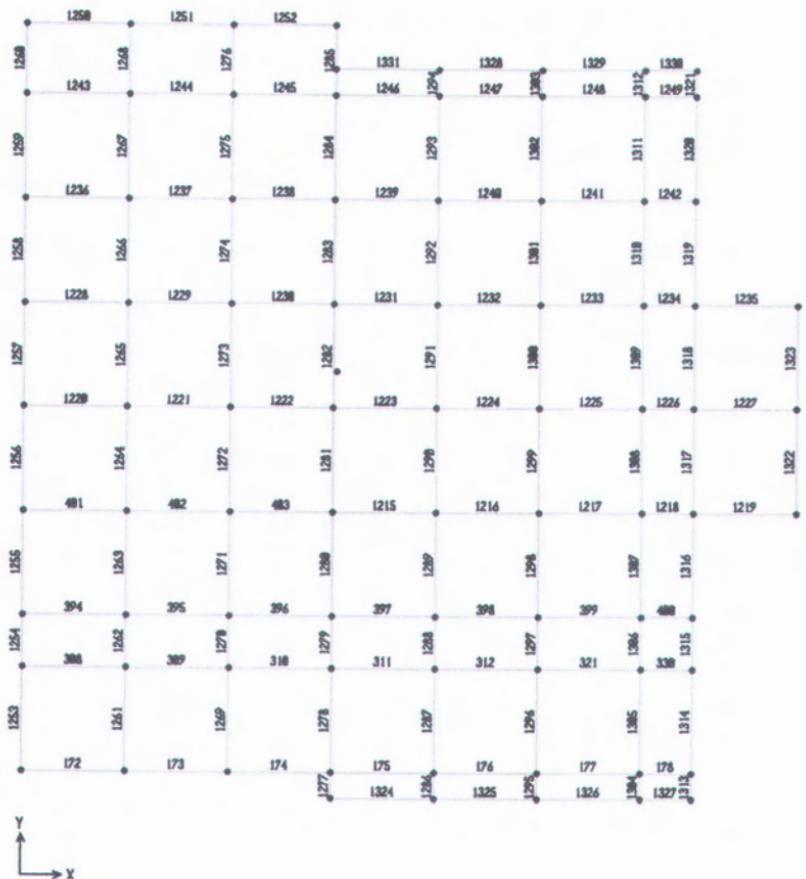


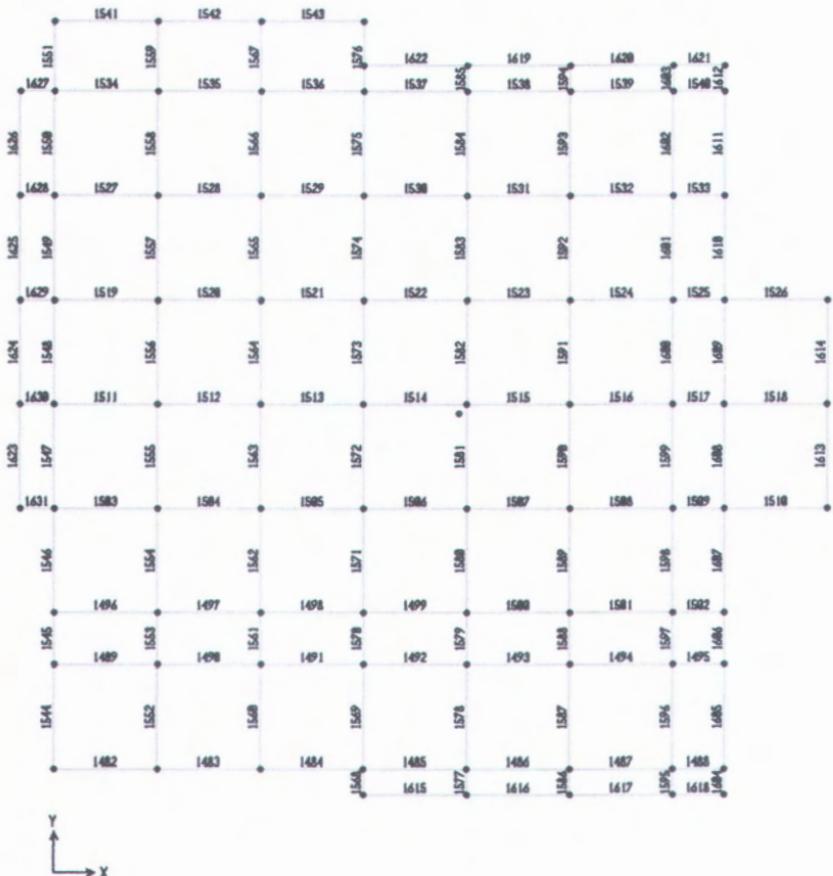


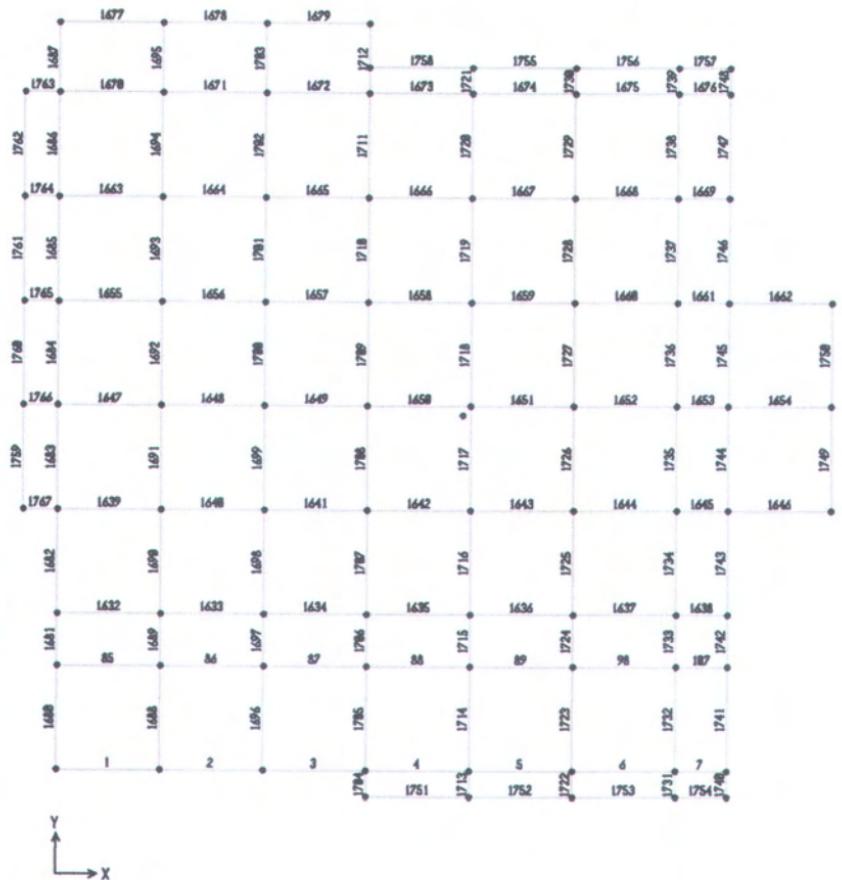


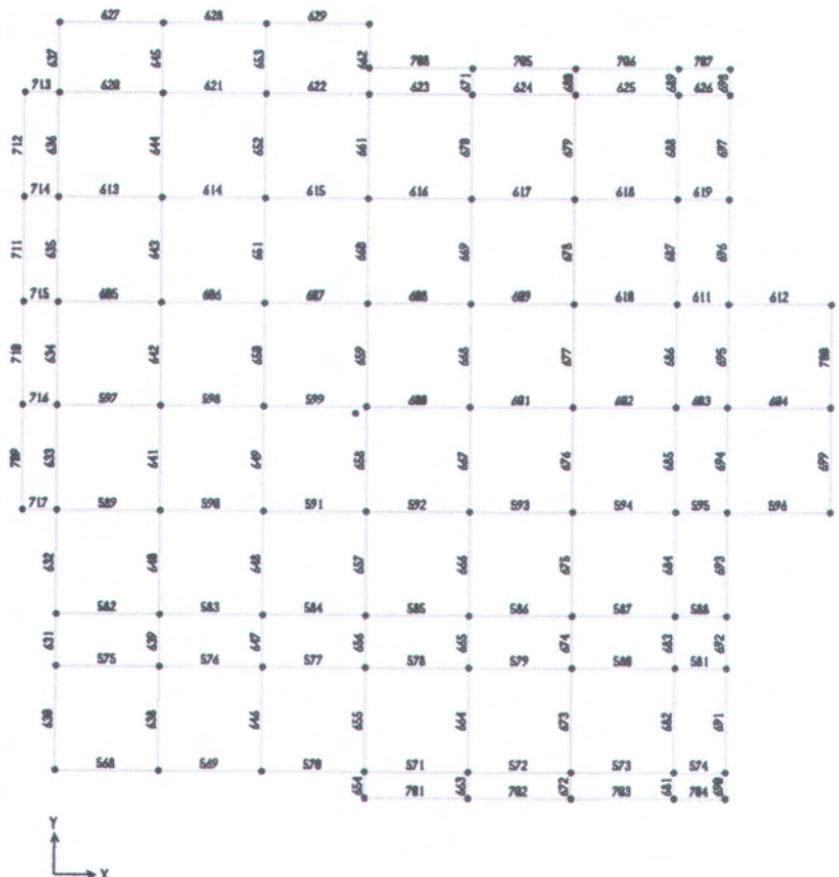












### Perhitungan beban tiap lantai

- beban hidup partisi =  $100 \text{ kg/m}^2$  (luasan pelat)
- beban mati tembok =  $250 \text{ kg/m}^2$  (luasan pelat)
- berat jenis beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$

Lantai	No	Komponen	Berat (Kg)
<b>1</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Kolom	224,100
			<b>224,100</b>
	2	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	6,000
		Balok bordes	6,912
			<b>75,272</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	3	Tangga	<b>25,303</b>
<b>2</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	472,320
	2	Balok Anak	152,670
	3	Pelat	732,432
	4	Kolom	448,200
			<b>1,805,622</b>
	5	Dinding batu bata	<b>365,000</b>
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			<b>81,272</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	<b>508,164</b>
	8	Partisi	<b>166,500</b>
	9	Tangga	<b>25,303</b>
<b>3</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	402,048
	2	Balok Anak	140,280
	3	Pelat	645,592
	4	Kolom	383,400
			<b>1,571,320</b>
	5	Dinding batu bata	<b>368,000</b>

Lantai	No	Komponen	Berat (Kg)
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			<b>81,272</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	<b>457,114</b>
	8	Partisi	<b>171,700</b>
	9	Tangga	<b>25,303</b>
<b>4</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	425,664
	2	Balok Anak	146,370
	3	Pelat	626,040
	4	Kolom	383,400
			<b>1,581,474</b>
	5	Dinding batu bata	<b>364,000</b>
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			<b>81,272</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	<b>461,064</b>
	8	Partisi	<b>166,500</b>
	9	Tangga	<b>25,303</b>
<b>5</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	402,048
	2	Balok Anak	107,940
	3	Pelat	645,592
	4	Kolom	383,400
			<b>1,538,980</b>
	5	Dinding batu bata	<b>368,000</b>
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			<b>81,272</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	<b>457,114</b>

Lantai	No	Komponen	Berat (Kg)
	8	Partisi	171,700
	9	Tangga	25,303
<b>6</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	638,496
	2	Balok Anak	146,370
	3	Pelat	626,040
	4	Kolom	383,400
			1,794,306
	5	Dinding batu bata	364,000
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			81,272
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	461,064
	8	Partisi	166,500
	9	Tangga	25,303
<b>7</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	402,048
	2	Balok Anak	140,280
	3	Pelat	645,592
	4	Kolom	383,400
			1,571,320
	5	Dinding batu bata	368,000
	6	Tangga	
		Reaksi Tangga	62,360
		Dinding	12,000
		Balok bordes	6,912
			81,272
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	457,114
	8	Partisi	171,700
	9	Tangga	25,303
<b>8</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	402,048
	2	Balok Anak	140,280
	3	Pelat	645,592

Lantai	No	Komponen	Berat (Kg)
	4	Kolom	383,400
			<b>1,571,320</b>
	5	Dinding batu bata	<b>368,000</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	6	Pelat	<b>457,114</b>
	7	Partisi	<b>171,700</b>
<b>Atap</b>		<b>Beban Mati</b>	
	1	Balok Induk	402,048
	2	Balok Anak	40,608
	3	Pelat	577,488
	4	Kolom	198,478
			<b>1,218,622</b>
	5	Dinding batu bata	<b>71,550</b>
	6	Lift	<b>37,340</b>
		<b>Beban Hidup</b>	
	7	Pelat	<b>311,500</b>
	8	Lift	<b>69,893</b>

**Perhitungan Beban**

Lantai	Beban (balok,kolom,pelat)		Dinding	Partisi	Tangga		Lift	
	DL (kg)	LL (kg)	DL (kg)	LL (kg)	DL (kg)	LL (kg)	DL (kg)	LL (kg)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
ATAP	1,218,622	311,500	71,550				37,340	69,893
8	1,571,320	457,114	368,000	171,700				
7	1,571,320	457,114	368,000	171,700	81,272	25,303		
6	1,794,306	461,064	364,000	166,500	81,272	25,303		
5	1,538,980	457,114	368,000	171,700	81,272	25,303		
4	1,581,474	461,064	364,000	166,500	81,272	25,303		
3	1,571,320	457,114	368,000	171,700	81,272	25,303		
2	1,805,622	508,164	365,000	166,500	81,272	25,303		
1	224,100				75,272	25,303		
Total	12,877,064	3,570,248	2,636,550	1,186,300	562,901	177,121	37,340	69,893
						Total (2+3+4+5+6+7+8+9)		21,117,417

Penyimpangan = 1.0969

**Perhitungan Joint Masses**

Lantai	Beban (balok,kolom,pelat)		Dinding		Partisi		Tangga		Lift		Masses (Kg.S <sup>2</sup> /m)
	DL	LL(30%)	DL	LL(30%)	DL	LL(30%)	DL	LL(30%)	DL	LL(30%)	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)		
ATAP	1,218,622	93,450	71,550				37,340	20,968	146,986		
8	1,571,320	137,134	368,000	51,510						216,918	
7	1,571,320	137,134	368,000	51,510	81,272	7,591				225,976	
6	1,794,306	138,319	364,000	49,950	81,272	7,591				248,261	
5	1,538,980	137,134	368,000	51,510	81,272	7,591				222,680	
4	1,581,474	138,319	364,000	49,950	81,272	7,591				226,565	
3	1,571,320	137,134	368,000	51,510	81,272	7,591				225,976	
2	1,805,622	152,449	365,000	49,950	81,272	7,591				250,957	
0											

Catatan :

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

TABLE: Joint Reactions

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 Kgf	U2 Kgf	U3 Kgf	R1 Kgf-m	R2 Kgf-m	R3 Kgf-m
120	COMB15	Combination	1716.42	1542.12	13235.54	-2022.66	2241.39	-0.4
121	COMB15	Combination	-51.89	2422.22	19927.96	-3135.02	3	-0.4
122	COMB15	Combination	44.26	2274.99	19522.24	-2946.94	124.71	-0.4
123	COMB15	Combination	246.31	3405.76	20852.05	-4376.6	380.47	-0.4
124	COMB15	Combination	39.15	7100.58	27675.73	-9051.92	118.25	-0.4
125	COMB15	Combination	104.63	7057.45	27753.4	-8995.61	201.14	-0.4
126	COMB15	Combination	-1125.99	3563.46	18862.55	-4571.11	-1356.63	-0.4
127	COMB15	Combination	-163.82	2081.83	10827.16	-2694.75	-138.67	-0.4
128	COMB15	Combination	2293.48	821.35	216871.29	-1110.29	2973.56	-0.4
129	COMB15	Combination	-256.59	1213.96	404070	-1605.55	-254.4	-0.4
130	COMB15	Combination	-41.04	974.82	318488.18	-1301.14	18.45	-0.4
131	COMB15	Combination	374.06	-24.79	416722.11	-34.09	543.9	-0.4
132	COMB15	Combination	-36.18	-2731.65	461545.14	3394.04	24.59	-0.4
133	COMB15	Combination	-443.96	-2744.03	444942.01	3411.42	-491.59	-0.4
134	COMB15	Combination	-1995.54	-1290.29	280235.51	1572.94	-2455.62	-0.4
135	COMB15	Combination	-470.53	51.55	199593.1	-124.75	-525.21	-0.4
136	COMB15	Combination	1038.44	-1381.89	201130.49	1678.65	1386.6	-0.4
137	COMB15	Combination	916.87	-2137.1	338936.23	2636.33	1232.71	-0.4
138	COMB15	Combination	-508.31	-1800	261687.55	2211.31	-571.34	-0.4
139	COMB15	Combination	70.7	-1301.93	246422.36	1582.56	161.59	-0.4
140	COMB15	Combination	-75.68	-807.69	235209.5	958.64	-23.7	-0.4
141	COMB15	Combination	-599.69	-724.61	222381.05	855.18	-687	-0.4
142	COMB15	Combination	-597.64	-434.74	163788.75	489.95	-684.41	-0.4
143	COMB15	Combination	-224	-817.04	145428.33	974.74	-211.44	-0.4
144	COMB15	Combination	1455.87	662.69	197294.38	-909.45	1915.84	-0.4
145	COMB15	Combination	-832.96	1364.36	269816.5	-1795.94	-981.44	-0.4
146	COMB15	Combination	730.22	705.2	237034.7	-959.85	997.3	-0.4
147	COMB15	Combination	-178.22	1167.04	261879.55	-1542.75	-152.65	-0.4
148	COMB15	Combination	-79.33	722.92	247804.96	-978.86	-27.46	-0.4
149	COMB15	Combination	230.6	1246.54	262305.17	-1639.98	364.86	-0.4
150	COMB15	Combination	-1556.95	776.82	200991.39	-1043.68	-1897.88	-0.4
151	COMB15	Combination	-285.7	1094.49	164574.57	-1444.94	-288.7	-0.4
152	COMB15	Combination	3224.42	-279.23	295740.47	282.87	4156.24	-0.4
153	COMB15	Combination	-857.77	-769.55	393251.61	905.24	-1011.13	-0.4
154	COMB15	Combination	-75.45	-292.55	319733.23	303.14	-20.84	-0.4
155	COMB15	Combination	575.31	-135.69	376240.67	106.28	802.9	-0.4
156	COMB15	Combination	-66.34	-141.88	354535.57	115.83	-9.31	-0.4
157	COMB15	Combination	-407.13	536.76	409604.18	-741.51	-440.7	-0.4
158	COMB15	Combination	-2076.67	-110.46	270757.82	79.47	-2554.05	-0.4
159	COMB15	Combination	1044.26	38.86	263992.61	-108.7	1396.52	-0.4
160	COMB15	Combination	-1653.84	981.32	173486.41	-1299.98	-2018.83	-0.4
161	COMB15	Combination	2676.92	-190.49	289444.68	170.54	3464.9	-0.4
162	COMB15	Combination	-119.21	-3.94	330025.07	-63.9	-74.53	-0.4
163	COMB15	Combination	29.07	314.04	328518.85	-464.7	113.17	-0.4
164	COMB15	Combination	-328.22	-1.84	333176.11	-63.14	-339.1	-0.4
165	COMB15	Combination	-91.07	-171.11	307665.3	152.83	-38.91	-0.4
166	COMB15	Combination	8.94	-305.49	335966.07	324.64	87.68	-0.4
167	COMB15	Combination	-1592.06	-154.19	266891.36	134.82	-1938.92	-0.4
168	COMB15	Combination	2254.05	-139.92	300152.26	117.61	2929.62	-0.4
169	COMB15	Combination	-2851.44	-131.05	251289.29	108.09	-3533.08	-0.4
170	COMB15	Combination	3581.97	-221.86	314564.63	210.25	4612.25	-0.4
171	COMB15	Combination	-199.35	-149.82	401589.98	120.76	-174.27	-0.4
172	COMB15	Combination	-773.51	-152.18	385894.76	125.45	-901.05	-0.4
173	COMB15	Combination	519.84	-141.82	382796.21	114.05	736.11	-0.4
174	COMB15	Combination	-111.46	-148.98	357291.12	124.82	-63.02	-0.4
175	COMB15	Combination	-762.99	64.25	385589.75	-143.39	-887.74	-0.4
176	COMB15	Combination	-1763.96	17.49	270565.34	-82.49	-2154.81	-0.4
177	COMB15	Combination	1005.18	-300.02	266174.36	320.27	1350.46	-0.4

Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Test	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
178	COMB15	Combination	-1684.56	-1270.48	170890.34	1550.42	-2054.3	-0.4
179	COMB15	Combination	2769.93	-285.62	291428.02	290.96	3586.05	-0.4
180	COMB15	Combination	-231.77	-559	350815.28	638.71	-213.6	-0.4
181	COMB15	Combination	-36.11	-538.13	344046.53	614.01	34.07	-0.4
182	COMB15	Combination	309.68	-182.74	347003.3	165.85	471.78	-0.4
183	COMB15	Combination	-632.65	-199.96	330385.24	189.35	-721.06	-0.4
184	COMB15	Combination	29.58	-723.19	385339.87	853.37	117.22	-0.4
187	COMB15	Combination	-1922.18	-408.66	310638.78	456.94	-2353.38	-0.4
188	COMB15	Combination	-457.81	-193.69	229970.43	185.67	-499.73	-0.4
189	COMB15	Combination	2238.82	-821.07	243398.33	968.75	2915.46	-0.4
190	COMB15	Combination	-579.15	-267.58	320135.85	269.82	-651.62	-0.4
191	COMB15	Combination	232.5	-245.19	312217.78	243.19	375.79	-0.4
192	COMB15	Combination	718.56	-820.51	315368.07	973.16	991.06	-0.4
193	COMB15	Combination	-601.05	259.3	346531.38	-392	-679.34	-0.4
194	COMB15	Combination	-115.81	-119.91	335128.87	89.72	-65.11	-0.4
195	COMB15	Combination	-2015.72	11.16	262559.65	-74.48	-2470.08	-0.4
196	COMB15	Combination	-455.22	-476.17	198456.46	543.25	-494.75	-0.4
197	COMB15	Combination	1256.52	-850.04	157081.9	1005.42	1673.17	-0.4
198	COMB15	Combination	-530.93	-1449.61	229741.1	1766.08	-589.45	-0.4
199	COMB15	Combination	186	-1425.91	228809.09	1737.78	318.07	-0.4
200	COMB15	Combination	278.03	-1195.75	174842.23	1448.15	434.56	-0.4
201	COMB15	Combination	2037.64	-3899.27	21567.51	4872.05	2662.5	-0.4
202	COMB15	Combination	36.49	-2193.37	23876.89	2714.38	129.38	-0.4
203	COMB15	Combination	-1517.76	-2012.19	19754.9	2486.75	-1838.04	-0.4
204	COMB15	Combination	-239.47	-2197.42	13047.96	2722.07	-219.94	-0.4
			0.04	0.04	20,885,782.92			

TABLE 3 Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	EM <sub>144</sub>													
			U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	L <sub>11</sub>	L <sub>12</sub>	L <sub>21</sub>	L <sub>22</sub>	U <sub>xL<sub>11</sub></sub>	U <sub>xL<sub>12</sub></sub>	U <sub>xL<sub>21</sub></sub>	U <sub>xL<sub>22</sub></sub>
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	m	m	m	m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
120	COMB15	Combination	1716.42	1542.12	13235.54	-2022.66	2241.39	-0.40	-27	18	18	24	-46343.34	27758.16	238239.72	317652.96
121	COMB15	Combination	51.89	2422.03	19927.96	-3135.02	3.00	-0.40	27	12	12	24	1401.03	29066.64	239135.52	478271.04
122	COMB15	Combination	44.26	2274.99	19522.24	-2946.94	124.71	-0.40	-27	6	6	24	-1195.02	13649.94	117133.44	468533.76
123	COMB15	Combination	246.31	3405.76	20852.05	-4376.60	380.47	-0.40	-27	0	0	24	-6650.37	0	500449.2	500449.2
124	COMB15	Combination	39.15	7100.58	27675.73	-9051.92	118.25	-0.40	27	-6	-6	24	1057.05	-42603.48	-166054.38	664217.52
125	COMB15	Combination	104.63	7057.45	27753.40	-8995.61	201.14	-0.40	-24	-12	-12	24	-2511.12	-84689.4	-333040.8	666081.6
126	COMB15	Combination	1125.99	3563.46	18862.55	-4571.11	-1356.63	-0.40	27	-18	-18	24	30401.73	-64142.28	-339525.9	452701.2
127	COMB15	Combination	163.82	2081.83	10827.16	-2694.75	-138.67	-0.40	27	-21	-21	24	4423.14	-43718.43	-227370.36	259851.84
128	COMB15	Combination	2293.48	821.35	216871.29	-1110.29	2973.56	-0.40	-21	18	18	18	-48163.08	14784.3	3903683.22	3903683.22
129	COMB15	Combination	256.59	1213.96	404070.00	-1605.55	-254.40	-0.40	21	12	12	18	5388.39	14567.52	484884.0	727326.0
130	COMB15	Combination	41.04	974.82	314888.18	-1301.14	18.45	-0.40	21	6	6	18	861.84	5848.92	1910929.08	573278.24
131	COMB15	Combination	374.06	24.79	41672.21	-34.09	543.90	-0.40	-21	0	0	18	-7855.26	0	750097.98	750097.98
132	COMB15	Combination	36.18	2731.65	461545.14	3394.04	24.59	-0.40	21	6	-6	18	759.78	16389.9	-2769270.84	8307812.52
133	COMB15	Combination	443.96	2744.03	444942.01	3411.42	-49.51	-0.40	21	12	-12	18	9323.16	32928.36	-5339304.12	8008956.18
134	COMB15	Combination	1995.54	1209.29	280235.51	1572.94	-2455.62	-0.40	21	18	-18	18	41906.34	23252.22	-5044239.18	5044239.18
135	COMB15	Combination	470.53	51.55	199593.10	-124.75	-525.21	-0.40	21	-21	-21	18	9881.13	-1082.55	-4191455.1	3592675.8
136	COMB15	Combination	1038.44	1381.89	20130.49	1678.65	1386.60	-0.40	-15	-18	18	15	-15576.6	-24874.02	3620348.82	30169735.37
137	COMB15	Combination	916.87	2137.10	338936.23	2636.33	1232.71	-0.40	-15	-12	12	15	-13753.05	-25645.2	4067234.76	5084043.45
138	COMB15	Combination	508.31	1800.00	261687.55	2211.31	-571.34	-0.40	15	-6	6	15	7624.65	-10800	1570125.3	3925313.25
139	COMB15	Combination	70.70	1301.93	246422.36	1582.56	161.59	-0.40	-15	0	0	15	-1060.5	0	3696335.4	3696335.4
140	COMB15	Combination	75.68	807.69	235209.50	958.64	-23.70	-0.40	15	6	-6	15	1135.2	4846.14	-1411257	3528142.5
141	COMB15	Combination	599.69	724.61	22281.05	855.18	-687.00	-0.40	15	12	-12	15	8995.35	8695.32	-2668572.6	3335715.75
142	COMB15	Combination	597.64	434.74	163788.75	489.95	-684.41	-0.40	15	18	-18	15	8964.6	7825.32	-2948197.5	2456831.25
143	COMB15	Combination	224.00	817.04	145428.33	974.74	-211.44	-0.40	15	21	-21	15	3360	17157.84	-3053994.93	2181424.95
144	COMB15	Combination	1455.87	662.69	197294.38	-909.45	1915.84	-0.40	-12	18	18	12	-17470.44	11928.42	3551298.84	2367532.56
145	COMB15	Combination	832.96	1364.36	269816.50	-1795.94	-981.44	-0.40	12	12	12	12	9995.52	16372.32	3237798	3237798
146	COMB15	Combination	730.22	705.20	237034.77	-595.85	99.70	-0.40	-12	6	6	12	-8762.64	4231.2	1422008.2	2844416.4
147	COMB15	Combination	178.22	1167.04	261879.55	-1542.75	-152.65	-0.40	12	0	0	12	2138.64	0	0	3142554.6
148	COMB15	Combination	79.33	722.92	247804.96	-978.86	-27.46	-0.40	12	-6	-6	12	951.96	-4337.52	-1486829.76	297369.52
149	COMB15	Combination	230.60	1246.54	262305.17	-1639.98	364.86	-0.40	-12	-12	-12	12	-2767.2	-14958.48	-3147662.04	3147662.04
150	COMB15	Combination	1556.95	776.82	200991.39	-1043.68	-1897.88	-0.40	12	-18	-18	12	18683.4	-13982.76	-3617845.02	2411896.68
151	COMB15	Combination	285.70	1094.49	164574.57	-1444.94	-288.70	-0.40	12	-21	-21	12	3428.4	-22984.29	-345065.97	1974894.84
152	COMB15	Combination	3224.42	279.23	295740.47	282.87	4156.24	-0.40	-6	-18	18	6	-19346.52	-5026.14	5323328.46	1774442.82
153	COMB15	Combination	857.77	769.55	393251.61	905.24	-1011.13	-0.40	6	-12	12	6	5146.62	-9234.6	4719019.32	2359509.66
154	COMB15	Combination	75.45	292.55	319733.23	303.14	-20.84	-0.40	6	-6	6	6	452.7	-1755.3	1918399.38	1918399.38
155	COMB15	Combination	575.31	135.69	376240.67	106.28	802.90	-0.40	-6	0	0	6	-3451.86	0	0	2257444.02
156	COMB15	Combination	66.34	141.88	354535.57	115.83	-9.31	-0.40	6	-6	-6	6	398.04	851.28	-2127213.42	2127213.42
157	COMB15	Combination	407.13	536.76	409604.18	-741.51	-440.70	-0.40	6	-12	-12	6	2442.78	-6441.12	-4915250.16	2457625.08

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	L <sub>111</sub>	L <sub>112</sub>	L <sub>123</sub>	L <sub>223</sub>	U <sub>1</sub> xL <sub>111</sub>	U <sub>2</sub> xL <sub>112</sub>	U <sub>3</sub> xL <sub>123</sub>	U <sub>4</sub> xL <sub>223</sub>	
			Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	m	m	m	m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	
158	COMB15	Combination	2076.67	110.46	270757.82	79.47	-2554.05	-0.40	6	18	-18	6	12460.02	1988.28	-4873640.76	1624546.92	
159	COMB15	Combination	1044.26	38.86	263992.61	-108.70	1396.52	-0.40	-6	-21	-21	6	-6265.56	-816.06	-5543844.81	1583955.66	
160	COMB15	Combination	1653.84	981.32	173486.41	-1299.98	-2018.83	-0.40	6	-27	-27	6	9923.04	-26495.64	-4684133.07	1040918.46	
161	COMB15	Combination	2676.92	190.49	289444.68	170.54	3464.90	-0.40	0	-18	18	0	0	-3428.82	521000.24	0	0
162	COMB15	Combination	119.21	3.94	330025.07	-63.90	-74.53	-0.40	0	12	12	0	0	47.28	3960300.84	0	0
163	COMB15	Combination	29.07	314.04	328518.85	-464.70	113.17	-0.40	0	6	6	0	0	1884.24	1971113.1	0	0
164	COMB15	Combination	328.22	1.84	333176.11	-63.14	-339.10	-0.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	COMB15	Combination	91.07	171.11	307665.30	152.83	-38.91	-0.40	0	12	-12	0	0	1026.66	-1845991.8	0	0
166	COMB15	Combination	8.94	305.49	335966.07	324.64	87.68	-0.40	0	18	-18	0	0	3665.88	-4031592.84	0	0
167	COMB15	Combination	1592.06	154.19	266891.36	134.82	-1938.92	-0.40	0	21	-21	0	0	2775.42	-4804044.48	0	0
168	COMB15	Combination	2254.05	139.92	300152.26	117.61	2929.62	-0.40	0	27	-27	0	0	2938.32	-6303197.46	0	0
169	COMB15	Combination	2851.44	131.05	251289.29	108.09	-3533.08	-0.40	0	18	-18	0	0	3538.35	-6784810.83	0	0
170	COMB15	Combination	3581.97	221.86	314564.63	210.25	4612.25	-0.40	6	-18	18	-6	21491.82	-3993.48	5662163.34	-1887387.38	
171	COMB15	Combination	199.35	149.82	401598.94	120.76	-174.27	-0.40	-6	-12	12	-6	-1196.1	-1797.84	4819079.76	-2409539.88	
172	COMB15	Combination	773.51	152.18	385894.76	125.45	-901.05	-0.40	-6	6	6	-6	-4641.06	-913.08	2315368.56	-2315368.56	
173	COMB15	Combination	519.84	141.82	382796.21	114.05	736.11	-0.40	6	0	0	-6	3119.04	0	0	-2296777.26	
174	COMB15	Combination	111.46	148.98	357291.12	124.82	-63.02	-0.40	-6	6	-6	-6	-668.76	893.88	-2143746.72	-2143746.72	
175	COMB15	Combination	762.99	64.25	385897.75	-143.39	-887.74	-0.40	-6	-12	-12	-6	-4577.94	-771	-4627077	-2313538.5	
176	COMB15	Combination	1763.96	17.49	270565.53	-82.49	-2154.81	-0.40	-6	-18	-18	-6	-10583.76	-314.82	-4870176.12	-1623392.04	
177	COMB15	Combination	1005.18	300.02	266174.36	320.27	1350.46	-0.40	6	21	-21	-6	6031.08	6300.42	-5389661.56	-1597046.16	
178	COMB15	Combination	1684.56	1270.48	107890.34	1550.42	-2054.30	-0.40	-6	27	-27	-6	-10107.36	34302.96	-4614039.18	-1025342.04	
179	COMB15	Combination	2769.93	285.62	291428.02	290.96	3586.05	-0.40	12	-18	18	-12	33239.16	-5141.16	5245704.36	-3497136.24	
180	COMB15	Combination	231.77	559.00	350815.28	638.71	-213.60	-0.40	-12	12	12	-12	-2781.24	-6708	4209783.36	-4209783.36	
181	COMB15	Combination	36.11	538.13	344046.53	614.01	34.07	-0.40	-12	-6	6	-12	-433.32	-3228.78	2064279.18	-4128586.36	
182	COMB15	Combination	309.68	182.74	347003.30	165.85	471.78	-0.40	12	0	0	-12	3716.16	0	0	-4164039.6	
183	COMB15	Combination	632.65	199.96	330385.54	189.35	-721.06	-0.40	-12	6	-6	-12	-7591.8	1199.76	-1982311.44	-3964622.88	
184	COMB15	Combination	29.58	723.19	385339.87	853.37	-117.22	-0.40	12	12	-12	-12	354.96	8678.28	-4624078.44	-4624078.44	
187	COMB15	Combination	1922.18	408.66	310368.78	456.94	-2353.38	-0.40	-12	18	-18	-12	-23066.16	7355.88	-5591984.06	-3727665.36	
188	COMB15	Combination	457.81	193.69	229970.43	185.67	-499.73	-0.40	-12	21	-21	-12	-549.72	4067.49	-4829379.03	-2759645.16	
189	COMB15	Combination	2238.82	82.07	243398.33	968.75	2915.46	-0.40	18	-18	18	-18	40298.76	-14779.26	4381169.94	-4381169.94	
190	COMB15	Combination	579.15	267.58	320135.85	269.82	-651.62	-0.40	-18	12	12	-18	-10424.7	-3210.96	3841630.2	-5762445.3	
191	COMB15	Combination	232.50	245.19	312217.78	243.19	375.79	-0.40	18	-6	6	-18	4185	-1471.14	1873306.68	-5619920.04	
192	COMB15	Combination	718.56	820.51	315368.07	973.16	991.06	-0.40	18	0	0	-18	12934.08	0	0	-5676625.26	
193	COMB15	Combination	601.05	259.30	346531.38	-392.00	-679.34	-0.40	-18	6	-6	-18	-1018.9	1555.8	-2079188.28	-6237564.84	
194	COMB15	Combination	115.81	119.91	335128.87	89.72	-65.11	-0.40	-18	12	-12	-18	-2084.58	1438.92	-4021546.44	-6032319.66	
195	COMB15	Combination	2015.72	11.16	262559.65	-74.48	-2470.08	-0.40	-18	18	-18	-18	-36282.96	200.88	-4726073.7	-4726073.7	
196	COMB15	Combination	455.22	476.17	198456.46	543.25	-494.75	-0.40	-18	21	-21	-18	-8193.96	9999.57	-4167585.66	-3572216.28	
197	COMB15	Combination	1256.52	850.04	157081.90	1005.42	1637.17	-0.40	22	-18	18	-22	27643.44	-15300.72	2827474.2	-3455801.8	
198	COMB15	Combination	530.93	1449.61	229741.10	1766.08	-589.45	-0.40	-22	12	12	-22	-11680.46	-17395.32	2756893.2	-5054304.2	
199	COMB15	Combination	186.00	1425.91	228809.09	1737.78	318.07	-0.40	22	-6	6	-22	4092	-8555.46	1372854.54	-5033799.98	
200	COMB15	Combination	278.03	1195.75	174842.23	1448.15	434.56	-0.40	22	0	0	-22	6116.66	0	0	-3846529.06	
201	COMB15	Combination	2037.64	3899.27	215675.1	4872.05	2662.50	-0.40	24	6	-6	-24	48903.36	23395.62	-129405.06	-517620.24	
202	COMB15	Combination	36.49	2193.37	23876.89	2714.38	129.38	-0.40	-24	12	-12	-24	-875.76	26320.44	-286522.68	-573045.36	
203	COMB15	Combination	1517.76	2012.19	19754.90	2486.75	-1838.04	-0.40	-24	18	-18	-24	-36426.24	36219.42	-355588.2	-474117.6	
204	COMB15	Combination	239.47	2197.42	13047.96	2722.07	-219.94	-0.40	-24	21	-21	-24	-5747.28	46145.82	-274007.16	-313151.04	
			-5351.6	6288.49	-33.2								18,781.41	-14,530.74	9,677,032.56		
			903.69													ΣM <sub>DAP</sub>	
																-38,145,255	

KOORDINAT (0,0) ~ (18,27)

x	y	Xm	Ym
18	27	20.58	23.72
18	27	21.13	26.48
18	27	20.44	26.31
18	27	21.13	26.48
18	27	20.44	26.31
18	27	21.13	26.48
18	27	21.13	26.48
18	27	19.71	26.62

Catatan : Satuan dalam Kg dan m

W	Kg	ex		ey		Momen	
		m	m	W.ex	W.ey		
W <sub>2</sub>	3,276,535	2.6	-3.3	8,518,991	-10,812,566		
W <sub>3</sub>	2,674,709	3.2	-0.6	8,559,067	-1,604,825		
W <sub>4</sub>	2,679,613	2.5	-0.7	6,699,031	-1,875,729		
W <sub>5</sub>	2,642,369	3.2	-0.6	8,455,579	-1,585,421		
W <sub>6</sub>	2,892,445	2.5	-0.7	7,231,111	-2,024,711		
W <sub>7</sub>	2,674,709	3.2	-0.6	8,559,067	-1,604,825		
W <sub>8</sub>	2,568,134	3.2	-0.6	8,218,029	-1,540,880		
W <sub>ATAP</sub>	1,708,905	1.8	-0.4	3,076,029	-683,562		
				59,316,906	-21,732,520		
				$\Sigma M_{GRAVITASI}$	37,584,387		
				Koreksi	-560,869		
					1.47 %		

TABLE: Joint Reactions (IDL+1LL+1E)

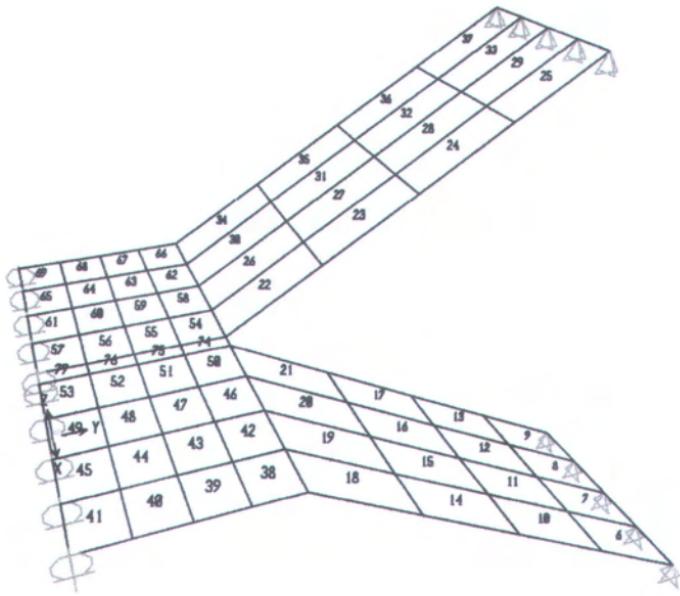
120	COMB13	Combinatior Max	5748.91	19900.21	19957.08	52013.16	14412.32	60.07
120	COMB13	Combinatior Min	-2316.07	-16815.97	6513.99	-56058.48	-9929.53	-60.87
121	COMB13	Combinatior Max	5132.32	20746.02	26529.98	50791.28	13631.83	60.07
121	COMB13	Combinatior Min	-5236.11	-15901.57	13325.93	-57061.31	-13625.83	-60.87
122	COMB13	Combinatior Max	5152.49	20569.33	26120.04	50877.95	13657.37	60.07
122	COMB13	Combinatior Min	-5063.98	-16019.35	12924.44	-56771.83	-13407.94	-60.87
123	COMB13	Combinatior Max	5385.47	21672.23	27450.3	49350.91	13952.28	60.07
123	COMB13	Combinatior Min	-4892.86	-14860.71	14253.81	-58104.1	-13191.34	-60.87
124	COMB13	Combinatior Max	5200.25	25339.66	34273.36	44580.89	13717.83	60.07
124	COMB13	Combinatior Min	-5121.95	-11138.5	21078.1	-62684.72	-13481.33	-60.87
125	COMB13	Combinatior Max	5220.53	25270.97	34355.32	44546.86	13743.5	60.07
125	COMB13	Combinatior Min	-5011.27	-11156.08	21151.48	-62538.09	-13341.22	-60.87
126	COMB13	Combinatior Max	4714.37	21754.25	25977.11	48886.59	13102.79	60.07
126	COMB13	Combinatior Min	-6966.36	-14627.33	11748	-58028.8	-15186.04	-60.87
127	COMB13	Combinatior Max	4697.71	20254.7	18717.81	50713.14	13081.68	60.07
127	COMB13	Combinatior Min	-5025.35	-16091.04	2936.51	-56102.64	-13359.03	-60.87
128	COMB13	Combinatior Max	5073.72	16461.8	263552.73	49328.62	13630.01	60.07
128	COMB13	Combinatior Min	-486.76	-14819.09	170189.85	-51549.2	-7682.88	-60.87
129	COMB13	Combinatior Max	3211.13	16725.52	44819.17	48599.68	11308.72	60.07
129	COMB13	Combinatior Min	-3724.3	-14297.61	360010.84	-51810.79	-11817.52	-60.87
130	COMB13	Combinatior Max	3409.27	16359.73	362935.92	48675.28	11560.21	60.07
130	COMB13	Combinatior Min	-3491.35	-14410.1	274040.44	-51277.55	-11523.31	-60.87
131	COMB13	Combinatior Max	3859.14	15235.14	461722.12	49717.5	12130.61	60.07
131	COMB13	Combinatior Min	-3111.01	-15284.73	371722.11	-49785.68	-11042.81	-60.87
132	COMB13	Combinatior Max	3475.86	12403.73	506864.88	52923.46	11646.26	60.07
132	COMB13	Combinatior Min	-3548.23	-17867.03	416225.4	-46135.37	-11597.07	-60.87
133	COMB13	Combinatior Max	3060.64	12268.41	490771.94	52722.7	11122.06	60.07
133	COMB13	Combinatior Min	-3948.57	-17756.47	399112.09	-45899.85	-12105.24	-60.87
134	COMB13	Combinatior Max	1930.71	13602.09	330483.25	50671.86	9696.4	60.07
134	COMB13	Combinatior Min	-5921.79	-16182.68	229987.78	-47525.97	-14607.64	-60.87
135	COMB13	Combinatior Max	2794.96	14879.75	251179.55	48862.94	10760.29	60.07
135	COMB13	Combinatior Min	-3736.01	-14776.66	148006.65	-49112.45	-11810.71	-60.87
136	COMB13	Combinatior Max	3867.49	15183.33	270997.93	53446.56	12299.32	60.07
136	COMB13	Combinatior Min	-1790.6	-18082.11	131263.05	-50089.26	-9526.12	-60.87
137	COMB13	Combinatior Max	4452.13	14434.86	407161.19	54171.02	13072.07	60.07
137	COMB13	Combinatior Min	-2618.4	-18709.06	270711.27	-48898.36	-10606.66	-60.87
138	COMB13	Combinatior Max	3010.44	14644.1	330425.87	53515.05	11247.74	60.07
138	COMB13	Combinatior Min	-4027.06	-18244.1	192949.22	-49092.42	-12390.41	-60.87
139	COMB13	Combinatior Max	3590.29	15015.49	315693.7	52658.79	11981.73	60.07
139	COMB13	Combinatior Min	-3448.9	-17619.36	177151.02	-49493.68	-11658.55	-60.87
140	COMB13	Combinatior Max	3444.58	153844.37	305014.42	51811.16	11797.32	60.07
140	COMB13	Combinatior Min	-3595.95	-16999.85	165404.59	-49893.88	-11844.72	-60.87
141	COMB13	Combinatior Max	2916.71	15343.48	292773.14	51487.47	11130.44	60.07
141	COMB13	Combinatior Min	-4116.08	-16792.71	151988.97	-49777.12	-12504.44	-60.87
142	COMB13	Combinatior Max	3347.07	15510.1	237401.89	50904.92	11679.26	60.07
142	COMB13	Combinatior Min	-4542.35	-16379.58	90175.6	-49925.02	-13048.09	-60.87
143	COMB13	Combinatior Max	3056.29	15068.74	220175.46	51285.73	11283.9	60.07
143	COMB13	Combinatior Min	-3504.29	-16702.83	70681.19	-49336.25	-11706.78	-60.87
144	COMB13	Combinatior Max	4318.27	17443.7	264435.52	50966.21	12969.73	60.07
144	COMB13	Combinatior Min	-1406.53	-16181.31	130153.23	-52785.12	-9138.05	-60.87
145	COMB13	Combinatior Max	2746.73	18012.26	237432.15	49840.19	11011.16	60.07
145	COMB13	Combinatior Min	-4412.66	-15283.54	202200.86	-53432.06	-12974.03	-60.87
146	COMB13	Combinatior Max	4293.23	17225.33	305185.69	50445.6	12969.39	60.07
146	COMB13	Combinatior Min	-2832.78	-15814.92	168883.72	-52365.3	-10974.79	-60.87
147	COMB13	Combinatior Max	3385.42	17560.77	330554.34	49635.76	11820.25	60.07
147	COMB13	Combinatior Min	-3741.87	-15226.69	193204.75	-52721.26	-12125.54	-60.87
148	COMB13	Combinatior Max	3484.82	16991.54	317007.09	49976.3	11946.1	60.07
148	COMB13	Combinatior Min	-3643.48	-15545.7	178602.83	-51934.03	-12001.02	-60.87
149	COMB13	Combinatior Max	3791.01	17391.35	332000.96	49095.48	12334.98	60.07
149	COMB13	Combinatior Min	-3329.81	-14898.27	192609.38	-52375.44	-11605.26	-60.87
150	COMB13	Combinatior Max	2437.53	16798.2	272209.19	49475.35	10625.34	60.07
150	COMB13	Combinatior Min	-5551.43	-15245.26	129773.58	-51562.71	-14421.1	-60.87
151	COMB13	Combinatior Max	3039.73	17059	241619.57	48972.22	11362.01	60.07
151	COMB13	Combinatior Min	-3611.14	-14870.03	87529.56	-51862.11	-11939.4	-60.87
152	COMB13	Combinatior Max	6158.57	14741.78	307913.89	49912.05	15499.84	60.07

TABLE: Joint Reactions (IDL+ILL+1E)

152	COMB13	Combinatior Min	290.27	-15300.25	283567.06	-49346.31	-7187.37	-60.87
153	COMB13	Combinatior Max	2814.69	14171.18	395825.27	50364.8	11293.68	60.07
153	COMB13	Combinatior Min	-4530.23	-15710.12	390677.95	-48554.33	-13315.94	-60.87
154	COMB13	Combinatior Max	3579.92	14522.88	322363.62	49534.79	12263.07	60.07
154	COMB13	Combinatior Min	-3730.82	-15107.99	317102.84	-48928.5	-12304.75	-60.87
155	COMB13	Combinatior Max	4231.33	14554.78	378894.3	49112.33	13087.63	60.07
155	COMB13	Combinatior Min	-3080.72	-14826.15	373587.04	-48899.76	-11481.82	-60.87
156	COMB13	Combinatior Max	3590.19	14424.81	357212.55	48899.75	12276.08	60.07
156	COMB13	Combinatior Min	-3722.86	-14708.57	351858.59	-48668.1	-12294.7	-60.87
157	COMB13	Combinatior Max	3246.76	14980.87	412355.84	47823.79	11842.65	60.07
157	COMB13	Combinatior Min	-4061.03	-13907.35	406852.51	-49306.81	-12724.05	-60.87
158	COMB13	Combinatior Max	2007.92	14211.64	288064.6	48428.74	10279.07	60.07
158	COMB13	Combinatior Min	-6161.26	-14432.57	253451.05	-48269.79	-15387.17	-60.87
159	COMB13	Combinatior Max	5139.32	14280.54	281915.91	48108.68	14242.68	60.07
159	COMB13	Combinatior Min	-3050.8	-14202.81	246069.32	-48326.08	-11449.63	-60.87
160	COMB13	Combinatior Max	1275.74	12307.06	222305.36	43045.34	9320.2	60.07
160	COMB13	Combinatior Min	-4583.42	-10344.42	124667.46	-45645.3	-13357.85	-60.87
161	COMB13	Combinatior Max	5691.49	14808.29	301868.53	49764.86	15107.38	60.07
161	COMB13	Combinatior Min	-337.66	-15189.26	277020.82	-49423.79	-8177.59	-60.87
162	COMB13	Combinatior Max	3652.79	14946.08	330160.68	49402.88	12552.87	60.07
162	COMB13	Combinatior Min	-3891.21	-14953.96	329889.46	-49530.67	-12701.93	-60.87
163	COMB13	Combinatior Max	3783.67	15139.05	328569.41	48774.41	12719.16	60.07
163	COMB13	Combinatior Min	-3725.53	-14510.97	328468.29	-49703.82	-12492.83	-60.87
164	COMB13	Combinatior Max	3427.05	14697.9	333226.92	48949.84	12267.73	60.07
164	COMB13	Combinatior Min	-4083.49	-14701.59	333125.3	-49076.12	-12945.94	-60.87
165	COMB13	Combinatior Max	3664.72	14404.42	307716.57	48942.96	12568.61	60.07
165	COMB13	Combinatior Min	-3846.85	-14746.64	307614.04	-48637.31	-12646.43	-60.87
166	COMB13	Combinatior Max	3762.25	14147.16	336651.79	48895.59	12693.33	60.07
166	COMB13	Combinatior Min	-3744.38	-14758.14	335280.36	-48246.31	-12517.97	-60.87
167	COMB13	Combinatior Max	2602.51	14176.2	284611	48489.17	11229.48	60.07
167	COMB13	Combinatior Min	-5786.64	-14484.58	249171.73	-48219.53	-15107.31	-60.87
168	COMB13	Combinatior Max	6465.19	14131.4	317984.8	48367.05	16118.45	60.07
168	COMB13	Combinatior Min	-1957.09	-14411.24	282319.72	-48131.83	-10259.22	-60.87
169	COMB13	Combinatior Max	160.3	14144.48	264394.18	48299.84	8107.53	60.07
169	COMB13	Combinatior Min	-5863.17	-14406.59	238184.4	-48083.66	-15173.68	-60.87
170	COMB13	Combinatior Max	6683.78	14784.1	327255.22	49814.27	16563.55	60.07
170	COMB13	Combinatior Min	480.16	-15227.83	301874.04	-49393.78	-7339.04	-60.87
171	COMB13	Combinatior Max	3678.28	14799.58	401720.81	49586.72	12784.76	60.07
171	COMB13	Combinatior Min	-4076.97	-15099.22	401459.16	-49345.2	-13133.3	-60.87
172	COMB13	Combinatior Max	3086.38	14672.02	385921.45	49363.48	12036.13	60.07
172	COMB13	Combinatior Min	-4633.39	-14976.37	385868.07	-49112.58	-13838.24	-60.87
173	COMB13	Combinatior Max	4380.41	14557.07	382815.84	49125.88	13674.15	60.07
173	COMB13	Combinatior Min	-3340.73	-14840.72	382776.59	-48897.79	-12201.94	-60.87
174	COMB13	Combinatior Max	3749.65	14428.18	357316.68	48917.14	12875.74	60.07
174	COMB13	Combinatior Min	-3972.57	-14726.15	357265.55	-48667.51	-13001.78	-60.87
175	COMB13	Combinatior Max	3095.56	14518.52	386277.56	48429.73	12049.01	60.07
175	COMB13	Combinatior Min	-4621.54	-14390.02	384901.94	-48716.51	-13824.5	-60.87
176	COMB13	Combinatior Max	2545.74	14349.5	288514.11	48274.1	11357.11	60.07
176	COMB13	Combinatior Min	-6073.66	-14314.52	252616.57	-48439.08	-15666.72	-60.87
177	COMB13	Combinatior Max	5325.98	13951.75	284838.9	48545.1	14876.5	60.07
177	COMB13	Combinatior Min	-3315.63	-14551.97	247509.82	-47904.55	-12175.58	-60.87
178	COMB13	Combinatior Max	1414.97	10055.37	219577.14	45895.81	9897.3	60.07
178	COMB13	Combinatior Min	-4784.09	-12596.34	122203.55	-42794.96	-14005.9	-60.87
179	COMB13	Combinatior Max	5965.84	14699.61	304427.21	49870.34	15854.83	60.07
179	COMB13	Combinatior Min	-425.98	-15270.86	278428.83	-49288.42	-8682.73	-60.87
180	COMB13	Combinatior Max	3757.01	14378.31	352155.07	50091.7	13085.45	60.07
180	COMB13	Combinatior Min	-4220.56	-15496.3	349475.5	-48814.28	-13512.65	-60.87
181	COMB13	Combinatior Max	3934.58	14274.34	345383.1	49839.63	13310.79	60.07
181	COMB13	Combinatior Min	-4006.81	-15350.6	342709.96	-48611.62	-13242.66	-60.87
182	COMB13	Combinatior Max	4281.23	14502.21	348070.8	49162.17	13749.66	60.07
182	COMB13	Combinatior Min	-3661.87	-14867.7	345935.8	-48830.47	-12806.09	-60.87
183	COMB13	Combinatior Max	3340.44	14299.64	330715.22	48876.91	12558.82	60.07
183	COMB13	Combinatior Min	-4605.75	-14699.56	330055.26	-48498.2	-14000.93	-60.87
184	COMB13	Combinatior Max	3998.39	13650.89	386295.77	49317.63	13392.78	60.07
184	COMB13	Combinatior Min	-3939.23	-15097.27	384383.97	-47610.88	-13158.34	-60.87

TABLE: Joint Reactions (IDL+ILL+1E)

187	COMB13	Combination Max	2522.33	13843.54	327998.29	48704.95	11527.01	60.07
187	COMB13	Combination Min	-6366.69	-14660.86	293279.27	-47791.06	-16233.76	-60.87
188	COMB13	Combination Max	3247.13	14001.53	260267.05	48332.05	12422.15	60.07
188	COMB13	Combination Min	-4162.75	-14388.9	199673.81	-47960.71	-13421.61	-60.87
189	COMB13	Combination Max	5528.45	15283.88	278911.45	51978.66	15505.35	60.07
189	COMB13	Combination Min	-1050.8	-16926.02	207885.22	-50041.16	-9674.42	-60.87
190	COMB13	Combination Max	3526.35	15751.67	355516.8	51102.95	12995.41	60.07
190	COMB13	Combination Min	-4684.65	-16286.82	284754.91	-50563.31	-14298.65	-60.87
191	COMB13	Combination Max	4317.2	15647.17	347894.29	50846.61	13997.32	60.07
191	COMB13	Combination Min	-3852.2	-16137.55	276541.27	-50360.23	-13245.73	-60.87
192	COMB13	Combination Max	4832.59	14930.36	348025.55	51330.51	14654	60.07
192	COMB13	Combination Min	-3395.47	-16571.39	282710.6	-49384.19	-12671.88	-60.87
193	COMB13	Combination Max	3628.83	15463.79	384059.58	49221.79	13132.65	60.07
193	COMB13	Combination Min	-4830.93	-14945.2	309003.17	-50005.78	-14491.33	-60.87
194	COMB13	Combination Max	4047.11	14901.03	378255.64	49407.03	13659.72	60.07
194	COMB13	Combination Min	-4278.73	-15140.85	292002.1	-49227.59	-13789.94	-60.87
195	COMB13	Combination Max	2643.4	14909.1	311007.75	49026.51	11885.16	60.07
195	COMB13	Combination Min	-6674.84	-14886.79	214111.54	-49175.46	-16825.32	-60.87
196	COMB13	Combination Max	3422.61	14357.54	250058.08	49533.01	12848.5	60.07
196	COMB13	Combination Min	-4333.06	-15309.88	146854.84	-48446.51	-13838.01	-60.87
197	COMB13	Combination Max	4622.02	12484.61	242998.75	48431.89	14489.25	60.07
197	COMB13	Combination Min	-2108.98	-14184.7	71165.05	-46421.05	-11142.91	-60.87
198	COMB13	Combination Max	3656.28	11750.25	314149.49	48947.48	13296.1	60.07
198	COMB13	Combination Min	-4718.15	-14649.47	145332.72	-45415.33	-14475.01	-60.87
199	COMB13	Combination Max	4344.62	11650.62	313919.4	48691.34	14167.26	60.07
199	COMB13	Combination Min	-3972.62	-14502.43	143698.77	-45215.77	-13531.13	-60.87
200	COMB13	Combination Max	4343.34	12086.25	261078.61	48608.99	14150.32	60.07
200	COMB13	Combination Min	-3787.29	-14477.75	88605.85	-45712.7	-13281.2	-60.87
201	COMB13	Combination Max	7425.93	14372.67	28791.27	58545.33	18195.57	60.07
201	COMB13	Combination Min	-3350.65	-22171.2	14343.76	-48801.23	-12870.57	-60.87
202	COMB13	Combination Max	6410.31	16014.45	30466.06	56249.65	16910.62	60.07
202	COMB13	Combination Min	-6337.34	-20401.19	17287.71	-50820.9	-16651.86	-60.87
203	COMB13	Combination Max	5682.86	16174.6	27236.27	55939.42	15989.79	60.07
203	COMB13	Combination Min	-8718.39	-20198.99	12273.53	-50965.92	-19665.88	-60.87
204	COMB13	Combination Max	5760.19	15967.12	21359.92	56119.35	16087.66	60.07
204	COMB13	Combination Min	-6239.13	-20361.97	4736	-50675.21	-16527.54	-60.87



AP2000 v9.0.3 - File:TANIGAAS 3,F-G AKIBAT QU - 3-D View - Kgf, m, C Units

SAP2000

2/6/07 23:56:34

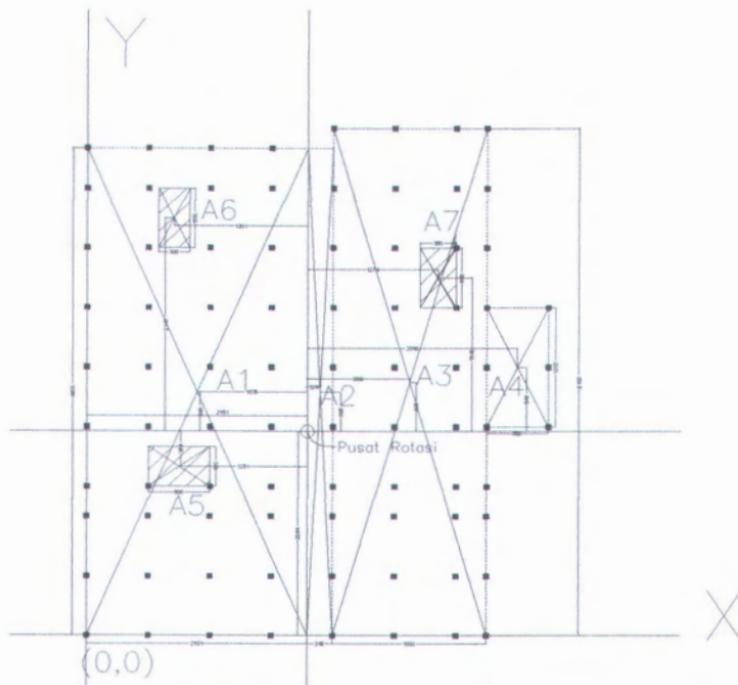
TABLE: Element Forces - Area Shells (Tangga As 3,F-G)

Area	AreaElem	Joint	OutputCase	M11	M22	M12	MMax	MMin	MAngle
Text	Text	Text	Text	Kgf-m/m	Kgf-m/m	Kgf-m/m	Kgf-m/m	Kgf-m/m	Degrees
9	4	20	COMB1	-5.13	-3.03	271.41	267.33	-275.5	45.111
9	4	19	COMB1	-67.06	-1335.67	267.73	-12.87	-1389.86	11.442
9	4	21	COMB1	-31.73	-1382.25	219.68	3.1	-1417.08	9.011
9	4	4	COMB1	30.26	23.77	230.71	257.74	-203.72	44.597
13	8	19	COMB1	-67.49	-1349.74	308.26	2.77	-1420	12.839
13	8	25	COMB1	-120.92	-1717.7	350.27	-47.47	-1791.16	11.844
13	8	26	COMB1	171.41	-1730.21	315.42	222.36	-1781.16	9.176
13	8	21	COMB1	-29.53	-1379.39	279.31	25.98	-1434.91	11.241
17	12	25	COMB1	-110.86	-1686.1	372.34	-27.29	-1769.67	12.651
17	12	30	COMB1	88.86	-1033.2	381.13	206.07	-1150.42	17.095
17	12	31	COMB1	-480.9	-987.71	467.15	-202.85	-1265.76	30.761
17	12	26	COMB1	165.43	-1797.1	437.37	258.49	-1890.16	12.012
21	16	30	COMB1	137.51	-868.05	467.25	321.11	-1051.65	21.451
21	16	34	COMB1	622.54	1364.92	-155.57	1396.2	591.25	-78.63
21	16	5	COMB1	2231.91	3572.91	-330.14	3649.78	2155.04	-76.893
21	16	31	COMB1	-563.77	-1436.59	276.11	-483.77	-1516.6	16.16
50	45	34	COMB1	-987.03	-1653.98	-827.85	-428.01	-2212.99	-34.03
50	45	5	COMB1	-2275.84	-2167.68	-1069.96	-1150.43	-3293.09	-46.447
50	45	71	COMB1	-3144.7	-604.87	-969.6	-264.82	-3484.75	-71.036
50	45	67	COMB1	-581.87	-823.97	-747.49	54.31	-1460.15	-40.401
51	46	67	COMB1	-584.2	-835.62	-869.89	169.02	-1588.83	-40.888
51	46	71	COMB1	-3148.69	-624.81	-461.31	-543.14	-3230.36	-79.96
51	46	72	COMB1	-1074.74	-87.21	-307.35	0.63	-1162.59	-74.05
51	46	68	COMB1	-838.9	-227.79	-715.93	245.07	-1311.75	-56.556
52	47	68	COMB1	-843.65	-251.53	-549.12	76.26	-1171.44	-59.166
52	47	72	COMB1	-1070.14	-64.19	-311.04	24.21	-1158.55	-74.134
52	47	73	COMB1	-586.09	22.07	-259.69	117.87	-681.88	-69.751
52	47	69	COMB1	-333.29	1.29	-497.77	359.14	-691.13	-54.288
53	48	69	COMB1	-333.87	-1.59	-467.37	328.29	-663.75	-54.784
53	48	73	COMB1	-584.87	28.18	-234.5	107.59	-664.28	-71.291
53	48	10	COMB1	2.64	-1.2	-221.29	222.02	-220.58	-44.751
53	48	70	COMB1	-21.48	-4.24	-454.16	441.38	-467.11	-45.544

## PERHITUNGAN LETAK PUSAT ROTASI DAN MASSA

### Lantai 2 :

Pusat Rotasi Lantai 2 :



$$X, Y = \frac{\sum EI \cdot L}{\sum EI} = \frac{\sum N_i \cdot L}{\sum N}$$

$$X_R = \frac{(3 \times 45) + (10 \times 39) + (10 \times 36) + (10 \times 30) + (10 \times 24) + (10 \times 18) + (10 \times 12) + (10 \times 6)}{83}$$

$$X_R = 21,51 \text{ m}$$

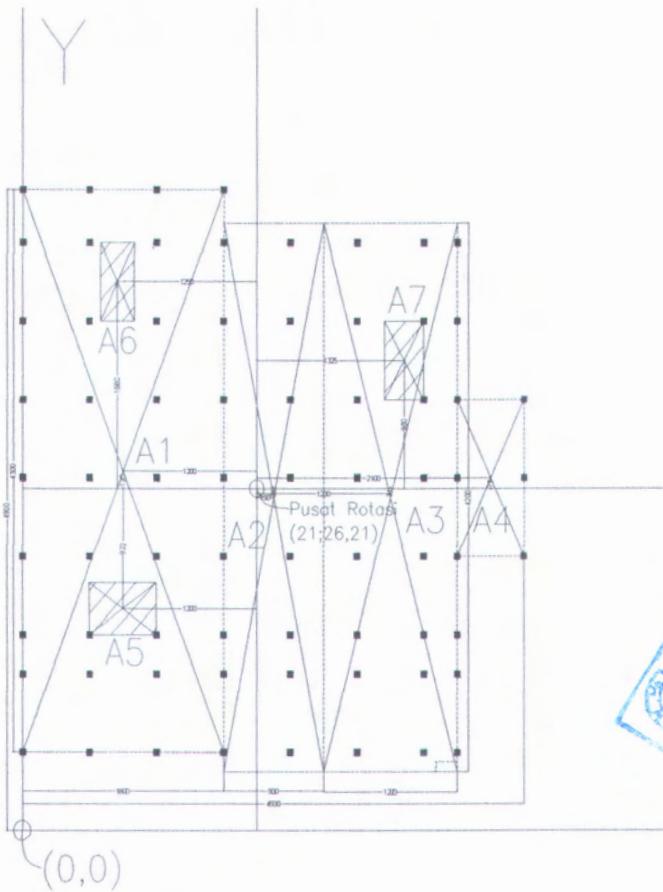
$$Y_R = \frac{(4 \times 51) + (4 \times 49) + (8 \times 45) + (8 \times 39) + (9 \times 33) + (9 \times 27) + (9 \times 21) + (8 \times 15) + (8 \times 12) + (8 \times 6)}{83}$$

$$Y_R = 20,54 \text{ m}$$

Jadi Pusat Rotasi Lantai 2 (21,51 ; 20,54)

### Lantai 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan Atap :

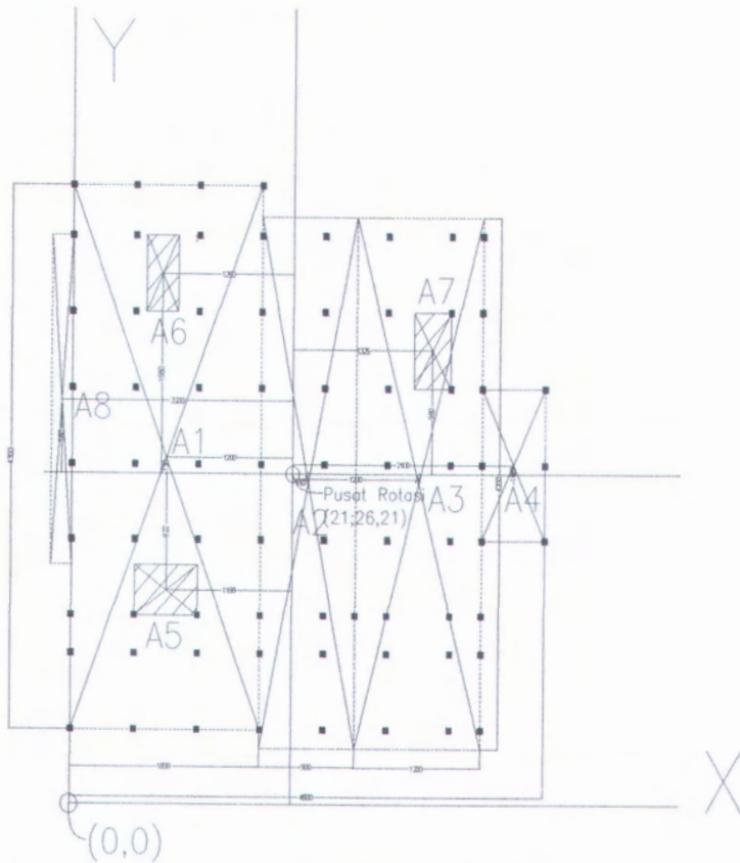
Pusat Rotasi Lantai 3, 4, 5, 6, 7, 8 dan Atap :



$$X, Y = \frac{\sum EI \cdot L}{\sum EI} = \frac{\sum N_i \cdot L}{\sum N}$$

$$X_R = \frac{(3 \times 45) + (8 \times 39) + (8 \times 36) + (8 \times 30) + (8 \times 24) + (9 \times 18) + (9 \times 12) + (9 \times 6)}{71}$$

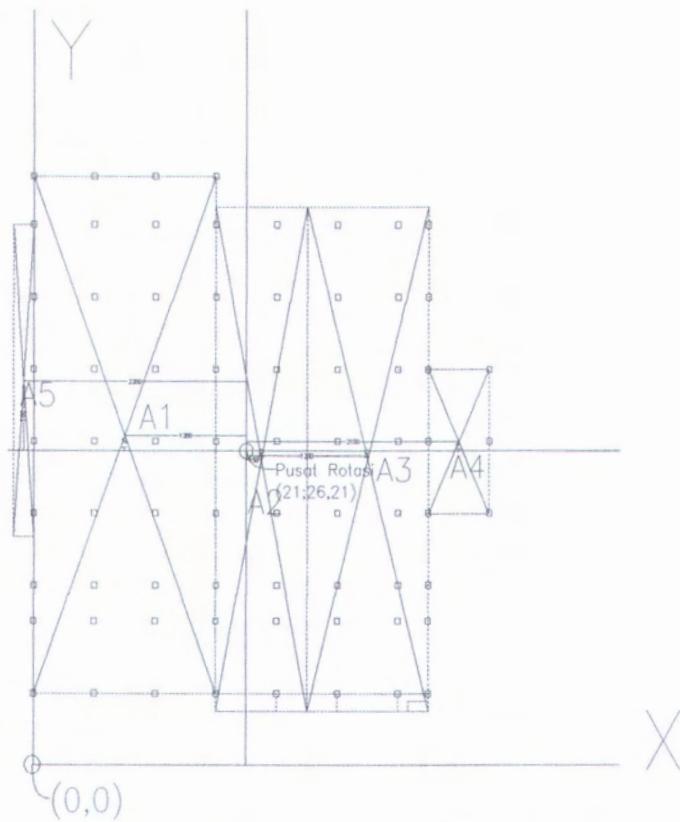
Pusat Massa Lantai 3, 5, 7 dan 8 :



$$X_M = \frac{(774x - 12) + (378x1,5) + (504x12) + (72x21)}{1717} - \frac{(24x - 12) - (18x - 12,5) - (21x13,25) + (52x22)}{1717}$$

$$X_M = 0,13 \text{ m}$$

Pusat Massa Atap :



$$X_M = \frac{(774x - 12) + (378x1,5) + (504x12) + (72x21) + (52x - 22)}{1780}$$

$$X_M = -1,29 \text{ m}$$

$$X_M = \frac{(774x1,3) + (378x - 0,71) + (504x - 0,71) + (72x0,79) + (52x5,8)}{1780}$$

$$Y_M = 0,41 \text{ m}$$

### 5.2.1.5 Penulangan Torsi

Kontrol Torsi dilakukan pada balok exterior (tepi)

Diketahui data – data sebagai berikut :

$$T_u = 19,88 \text{ kN m} \quad (\text{SAP 2000 Lantai 2 Frame 548})$$

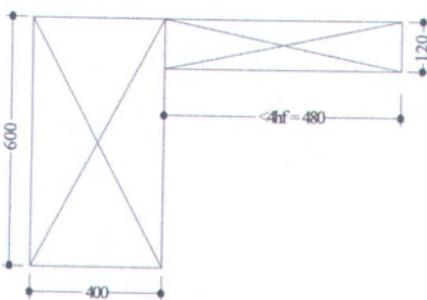
$$V_u = V_e = 233,08 \text{ kN} \quad (\text{Dari perhitungan geser sebelumnya})$$

$$A_s \text{ perlu} = 1923,80 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ perlu} = 1029,99 \text{ mm}^2$$

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

$$f_{yl} = f_{yv} = 400 \text{ MPa}$$



Gambar 5.1 Persegi – persegi Komponen

Dari gambar 5.1, dengan mengasumsikan penutup bersih 40 mm dan sengkang  $\phi 12$  dan bahwa flens tersebut tidak dikekang dengan pengikat tertutup,

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

$$P_{cp} = 2(x_0 + y_0) = 2(400 + 600) = 2000 \text{ mm}^2$$

$$x_1 = 400 - 2(40 + 6) = 308 \text{ mm}$$

$$y_1 = 600 - 2(40 + 6) = 508 \text{ mm}$$

$$P_h = 2(x_1 + y_1) = 2(308 + 508) = 1632 \text{ mm}$$

$$d = 600 - (40 + 12 + 19 + 12,5) = 516,5 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = 308 \times 508 = 156464 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 & \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times p_h}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left( \frac{V_c}{b_w \times d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3} \right) \\
 & \bullet \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \times d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \times p_h}{1,7 \times A_{oh}^2}\right)^2} \\
 & = \sqrt{\left(\frac{233,08 \times 10^3}{400 \times 516,5}\right)^2 + \left(\frac{19,88 \times 10^6 \times 1632}{1,7 \times (156464)^2}\right)^2} = 1,88 \text{ Mpa} \\
 & \bullet \phi \left( \frac{V_c}{b_w \times d} + \frac{2\sqrt{f'_c}}{3} \right) = 0,75 \times \left( \frac{188,59 \times 10^3}{400 \times 516,5} + \frac{2\sqrt{30}}{3} \right) \\
 & = 4,56 \text{ Mpa} > 1,88 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Karenanya penampang tersebut cukup.

*Tulangan torsi*

$$T_n \text{ perlu} = \frac{T_u}{\phi} = \frac{19,88}{0,75} = 26,51 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yv} \times \cot \theta} \\
 &= \frac{26,51 \times 10^6}{2 \times 125171,5 \times 400 \times 1} \\
 &= 0,265 \text{ mm}^2/\text{mm/satu kaki}
 \end{aligned}$$

*Tulangan geser*

$$V_c = 188,59 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 V_n \text{ perlu} &= \frac{188,59}{0,75} \\
 &= 310,77 \text{ kN} > V_c ; \text{juga} > \frac{1}{2} V_c
 \end{aligned}$$

Untuk tulangan web geser minimum. Karenanya, sediakan sengkang geser.

$$V_s = V_n - V_c$$

$$= \frac{5 \times \sqrt{30} \times 240000}{12 \times 400} - 0,265 \times 1632 \times \frac{400}{400}$$

$$= 903,83 \text{ mm}^2$$

Karenanya  $A_l$  minimum = 903,83 mm<sup>2</sup> mengontrol.

*Distribusi baja longitudinal torsi.*

Gunakan  $A_l = 903,83 \text{ mm}^2$ . Untuk mendistribusikan  $A_l$  secara sama di semua empat muka balok tersebut, gunakan  $\frac{1}{4}A_l$  di dua sudut teratas dan  $\frac{1}{4}A_l$  di dua sudut terawah atau sisi tarik yang ditambahkan pada tulangan lanturnya.

$$A_l/4 = 903,86/4 = 225,96 \text{ mm}^2$$

*Tumpuan :*

Gunakan 2 D12 = 265,46 mm<sup>2</sup> di setiap sisi vertikal

$$\sum A_s = \frac{A_l}{4} + A_s = 225,96 + 1923,80 = 2149,76 \text{ mm}^2$$

Gunakan 8 D19 = 2268,23 mm<sup>2</sup>

$$\sum A_s' = \frac{A_l}{4} + A_s = 225,96 + 1029,99 = 1255,95 \text{ mm}^2$$

Gunakan 5 D19 = 1417,64 mm<sup>2</sup>

*Lapangan :*

Gunakan 2 D12 = 226,46 mm<sup>2</sup> di setiap sisi vertikal

$$\sum A_s = \frac{A_l}{4} + A_s = 225,96 + 412,99 = 638,95 \text{ mm}^2$$

Gunakan 4 D19 = 1134,11 mm<sup>2</sup>

$$\sum A_s' = \frac{A_l}{4} + A_s = 225,96 + 382,71 = 608,67 \text{ mm}^2$$

Gunakan 3 D19 = 850,58 mm<sup>2</sup>

## Kontrol Kelangsungan Tiang

Gaya-gaya yang bekerja pada kepala tiang joint 125 :

$$\text{Axial} : P = 34.355,32 \text{ kg}$$

$$\text{Momen} : M_x = -62.538,09 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 13.743,50 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya Horisontal} : H_x = 5.220,53 \text{ kg}$$

$$H_y = 25.270,97 \text{ kg}$$



Kedalaman jepitan pada tiang :

$$L = \frac{\pi}{\beta}$$

$$E = 4700\sqrt{50} = 33.234,02 \text{ MPa}$$

$$= 323.340,20 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = (1/12)x50x50^3 = 520.833,33 \text{ cm}^4$$

$$k = 0,5 \text{ kg/cm}^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k.D}{4.E.I}} = \sqrt[4]{\frac{0,5x0,5}{4x323.340,20x520.833,33}} \\ = 0,0025 \text{ cm}^{-1}$$

$$L = \frac{\pi}{\beta} \text{ (letak titik jepit)}$$

Kontrol terhadap P kritis tiang pancang :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I}{(e+L)^2} = \frac{\pi^2 x 323.340,20 x 520.833,33}{1256,64^2} \\ = 1.052.534,78 \text{ kg}$$

$$P_{maks} = 107.495,024 \text{ kg} < P_{cr} \dots \dots \dots \text{OK!}$$

Kontrol terhadap kekuatan momen nominal tiang pancang :

$$M_{terjadi} = -M_x + (H_x \cdot L) = -62.538,09 + (5.220,53 \times 12,57) \\ = 3.083,97 \text{ kg.m}$$

**Penulangan Lentur balok Lantai 2**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama = 19 mm	$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang = 12 mm	Seluruh beton = 40 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan	$d = 538.5 \text{ mm}$	$d^* = 61.5 \text{ mm}$	$d = 516.5 \text{ mm}$	Apabila dipasang 2 lapis tulangan
$f_c' = 30 \text{ Mpa}$	$\rho_{bw} = 0.0035$	$\rho_{bu} = 0.0325$	$\rho_{ds} = 0.0325$	$\rho_{du} = 0.0244$	$\delta_{Tsep} = 0.5$	$d = 538.5 \text{ mm}$	$d^* = 61.5 \text{ mm}$	$d^* = 83.5 \text{ mm}$	
$m = 15.7$	$\rho_{asw} = 0.0244$								$As_{mru} = 850.59 \text{ mm}^2$
									$As_{pas} = 850.59 \text{ mm}^2$

0.25

As Type	Lokasi	Ouput SAP (Nm/m)	Rn (Mpa)	$\rho_b$	$\rho^*$	$\rho$	$A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	$\Sigma T_{\text{Tul}}$ (Btrg)	D (mm)	$A_s$ pasang ( $\text{mm}^2$ )	$A_s$ ( $\text{mm}^2$ )	$\Sigma T_{\text{Tul}}$ (Btrg)	D (mm)	$A_s$ pasang ( $\text{mm}^2$ )
(1)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
404	$M_{leng}$	-208,365,210	1,220497	0,003127744	0,003639577	0,006767121	1,398,09	5	19	1,417,64	751,90	3	19	850,59
	$M_{leng}$	51,882,835	0,559116			0,001113461	304,46	3	19	850,59	306,09	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-52,157,023	0,562071			0,001421016	306,09							
	$M_{leng}$	-208,628,093	1,221946	0,003131793	0,003643968	0,006775761	1,399,87	5	19	1,417,64	752,84	3	19	850,59
411	$M_{leng}$	-385,300,427	2,256726	0,00591635	0,006729787	0,012646137	2,612,69	10	19	2,835,29	1,390,37	5	19	1,417,64
	$M_{leng}$	124,434,140	1,340967			0,003445529	742,17	3	19	850,59	695,95	3	19	850,59
	$M_{leng}$	116,887,265	1,259638			0,003236971	695,95							
	$M_{leng}$	-361,241,528	2,115812	0,005329321	0,006309566	0,011838887	2,445,91	10	19	2,835,29	1,303,56	5	19	1,417,64
414	$M_{leng}$	-360,824,849	2,113371	0,005522641	0,006302288	0,011824929	2,443,03	9	19	2,551,76	1,302,05	5	19	1,417,64
	$M_{leng}$	139,980,458	1,508302			0,003889935	837,89	3	19	850,59	522,55	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-88,332,782	0,95192			0,002425959	522,55							
	$M_{leng}$	-353,331,127	2,06948	0,005402629	0,0061714	0,011574029	2,391,19	9	19	2,551,76	1,275,01	5	19	1,417,64
417	$M_{leng}$	-312,045,509	1,827668	0,004745819	0,005405029	0,010196111	2,106,52	8	19	2,268,23	1,126,03	5	19	1,417,64
	$M_{leng}$	-84,675,194	0,912504			0,002323606	500,50	3	19	850,59	500,50	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-84,675,195	0,912504			0,002323606	500,50							
	$M_{leng}$	-338,700,781	1,983789	0,005169034	0,003915862	0,011084895	2,290,14	9	19	2,551,76	1,222,22	5	19	1,417,64
418	$M_{leng}$	-294,851,699	1,726963	0,004474431	0,005149979	0,00962441	1,988,40	8	19	2,268,23	1,063,99	5	19	1,417,64
	$M_{leng}$	-69,473,755	0,748685			0,001909028	409,27	3	19	850,59	409,27	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-69,473,755	0,748685			0,001909028	409,27							
	$M_{leng}$	-277,895,018	1,627647	0,004207997	0,004853808	0,009061805	1,872,17	8	19	2,268,23	1,002,80	4	19	1,134,11
420	$M_{leng}$	-281,515,744	1,648853	0,004264788	0,004917049	0,009181837	1,896,97	7	19	2,268,23	1,015,86	4	19	1,134,11
	$M_{leng}$	-69,701,856	0,751144			0,0019096363	410,63	3	19	850,59	410,63	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-69,701,856	0,751144			0,0019096363	410,63							
	$M_{leng}$	-278,807,422	1,632991	0,004222303	0,004869744	0,009092047	1,878,42	7	19	1,984,70	1,006,09	4	19	1,134,11
428	$M_{leng}$	-312,316,979	1,829258	0,004750114	0,005455033	0,010205148	2,108,38	8	19	2,268,23	1,127,01	4	19	1,134,11
	$M_{leng}$	74,152,617	0,799107			0,002303092	437,28	3	19	850,59	458,75	3	19	850,59
	$M_{leng}$	-77,731,044	0,83767			0,002129751	458,75							
	$M_{leng}$	-310,924,177	1,82111	0,004728082	0,005430706	0,010158788	2,098,81	8	19	2,268,23	1,121,98	4	19	1,134,11
451	$M_{leng}$	-417,995,641	2,448224	0,0064465	0,007300852	0,0137474352	2,840,20	11	19	3,118,82	1,508,36	6	19	1,701,17
	$M_{leng}$	179,056,711	1,929609			0,005021814	1,081,70	4	19	1,134,11	630,29	4	19	1,134,11
	$M_{leng}$	-106,118,937	1,143593			0,002926138	630,29							
	$M_{leng}$	-424,475,747	2,486178	0,006552157	0,007414036	0,013966193	2,885,42	11	19	3,118,82	1,531,74	6	19	1,701,17

**Penulangan Lentur balok Lantai 3**

$b_w = 400$ mm	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selingut beton =	40 mm	
$h = 600$ mm	Diameter sengkang =	12 mm			
$f_c = 30$ Mpa	$\rho_{min}^{req}$ =	0.0035	$d =$	538.5 mm	$d =$
$f_y = 400$ Mpa	$\rho_{sat}$ =	0.0325	$d' =$	61.5 mm	$d' =$
$m = 15.7$	$\rho_{min}^{req}$ =	0.0244 0.25	$\delta_{Tens}^{req}$ =	0.5	As min = 850.59 mm <sup>2</sup>

As Type	Lokasi	Output SAP (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_t$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
16	$M_{Tul}$	-449,314,611	2.631660826	0.006958974	0.00784788	0.014806854	3,059.10	11	19	3,118.82	1,621.37	6	19	1,701.17
	$M_{Lap}$	121,294,938	1.307137351			0.003356189	722.92	3	19	850.59	668.11	3	19	850.59
	$M_{Lap}$	-112,328,653	1.21051216			0.003101737	668.11							
	$M_{Pung}$	-399,815,169	2.341739823	0.006151103	0.006983306	0.013134409	2,713.57	11	19	3,118.82	1,442.75	6	19	1,701.17
24	$M_{Tul}$	-409,362,841	2.344947569	0.006159979	0.006992872	0.013125851	2,717.38	9	19	2,551.76	1,444.73	5	19	1,417.64
	$M_{Lap}$	-66,046,983	0.711756743			0.001804943	388.78	3	19	850.59	593.68	3	19	850.59
	$M_{Lap}$	-100,090,710	1.078629708			0.002756154	593.68							
	$M_{Pung}$	-367,318,015	2.151402173	0.005626829	0.0064157	0.012042528	2,487.99	9	19	2,551.76	1,325.48	5	19	1,417.64
28	$M_{Tul}$	-302,783,515	1.773419995	0.004599473	0.005288519	0.009887791	2,042.86	8	19	2,268.23	1,092.61	4	19	1,134.11
	$M_{Lap}$	0				0	0.00	4	19	1,134.11	446.54	4	19	1,134.11
	$M_{Lap}$	-75,695,879	0.815738277			0.002073052	446.54							
	$M_{Pung}$	-303,339,810	1.776678246	0.004608252	0.005298235	0.009906487	2,046.68	8	19	2,268.23	1,094.62	4	19	1,134.11
29	$M_{Tul}$	-378,350,919	2.21602251	0.00580429	0.006608404	0.012412694	2,564.46	10	19	2,835.29	1,365.30	5	19	1,417.64
	$M_{Lap}$	-94,587,730	1.019326719			0.002601393	560.34	3	19	850.59	560.34	3	19	850.59
	$M_{Lap}$	-94,587,730	1.019326719			0.002601393	560.34							
	$M_{Pung}$	-393,201,935	2.303005742	0.006044026	0.006867797	0.012911823	2,667.58	10	19	2,835.29	1,418.89	5	19	1,417.64
278	$M_{Tul}$	-399,457,957	2.339647613	0.006145314	0.006977067	0.013122381	2,711.08	10	19	2,835.29	1,441.46	6	19	1,701.17
	$M_{Lap}$	106,676,040	1.149596651			0.002941871	633.68	4	19	1,134.11	592.30	4	19	1,134.11
	$M_{Lap}$	-99,864,480	1.076191832			0.002749784	592.30							
	$M_{Pung}$	-397,747,017	2.329626541	0.006117596	0.006947183	0.013064779	2,699.18	10	19	2,835.29	1,435.29	6	19	1,701.17
290	$M_{Tul}$	-373,254,431	2.186172094	0.005722247	0.006519387	0.012241634	2,529.12	9	19	2,551.76	1,346.91	5	19	1,417.64
	$M_{Lap}$	72,928,222	0.785912566			0.00199603	429.94	3	19	850.59	552.63	3	19	850.59
	$M_{Lap}$	-93,313,608	1.005596116			0.002565617	552.63							
	$M_{Pung}$	-404,763,185	2.37072063	0.006231348	0.00706973	0.013301078	2,748.00	10	19	2,835.29	1,460.61	5	19	1,417.64
292	$M_{Tul}$	-419,712,716	2.45828087	0.006474478	0.007330843	0.013805321	2,852.18	11	19	3,118.82	1,514.55	6	19	1,701.17
	$M_{Lap}$	115,656,090	1.24637036			0.003196041	688.43	4	19	1,134.11	623.05	4	19	1,134.11
	$M_{Lap}$	-104,928,179	1.130760794			0.002892523	623.05							
	$M_{Pung}$	-414,623,383	2.428472361	0.006391592	0.007241951	0.013633544	2,816.69	10	19	2,835.29	1,496.19	6	19	1,701.17

**Penulangan Lentur balok Lantai 4**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selmut beton =	40 mm				
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan					
$f'_c = 30 \text{ Mpa}$	$\rho_{min} =$	0.0035	$d =$	538.5 mm	$d =$	516.5 mm		
$f'_t = 40 \text{ Mpa}$	$\rho_{bal} =$	0.0325	$d' =$	61.5 mm	$d' =$	83.5 mm		
$m = 15.7$	$\rho_{max} =$	0.0244	$\delta_{Tulip} =$	0.5	As min =	850.59 mm <sup>2</sup>		
		0.25						

As Type	Lokasi	Ouput SAP (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_b$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
8	$M_{Tulip1}$	-455,291,995	2.666670698	0.007057309	0.007952283	0.015009592	3,100.98	11	19	3,118.82	1,642.94	6	19	1,701.17
	$M_{Lip}$	122,107,910	1.315898537			0.003379313	72.79	4	19	1,134.11	677.23	4	19	1,134.11
	$M_{Lip}$	-113,822,999	1.226616012			0.003144071	677.23							
	$M_{Tulip2}$	-380,464,623	2.228402592	0.00583835	0.006645323	0.012483673	2,579.13	10	19	2,835.29	1,372.92	6	19	1,701.17
11	$M_{Tulip1}$	-413,808,494	2.423699511	0.006378332	0.007227718	0.01360605	2,811.01	10	19	2,835.29	1,493.25	6	19	1,701.17
	$M_{Lip}$	140,350,201	1.512486982			0.003900545	840.18	4	19	1,134.11	614.08	4	19	1,134.11
	$M_{Lip}$	-103,452,124	1.114845405			0.00285088	614.08							
	$M_{Tulip2}$	-391,433,556	2.292648247	0.006015427	0.006683691	0.012852337	2,655.29	10	19	2,835.29	1,412.51	5	19	1,417.64
13	$M_{Tulip1}$	-358,108,685	2.097462612	0.005479113	0.006254847	0.011733959	2,424.24	9	19	2,551.76	1,292.25	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	114,996,716	1.2392646			0.003177342	684.40	3	19	850.59	529.76	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-89,527,171	0.964791501			0.00245942	529.76							
	$M_{Tulip2}$	-404,460,496	2.368947763	0.006226436	0.007064443	0.013209879	2,745.90	10	19	2,835.29	1,459.51	5	19	1,417.64
31	$M_{Tulip1}$	-393,630,090	2.305513469	0.006050953	0.006875275	0.012926228	2,670.56	10	19	2,835.29	1,420.43	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	-62,603,597	0.674649019			0.001709544	368.24	3	19	850.59	583.47	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-98,407,523	1.060490798			0.002708776	583.47							
	$M_{Tulip2}$	-367,595,756	2.153028918	0.005631289	0.006420551	0.012015814	2,489.91	9	19	2,551.76	1,326.49	5	19	1,417.64
32	$M_{Tulip1}$	-330,218,326	1.934107218	0.005034024	0.005767704	0.010801728	2,231.64	8	19	2,268.23	1,191.61	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	-82,554,582	0.889651236			0.002264342	487.74	3	19	850.59	487.74	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-82,554,582	0.889651236			0.002264342	487.74							
	$M_{Tulip2}$	-324,735,736	1.901995382	0.004946926	0.005671944	0.01061887	2,193.86	8	19	2,268.23	1,171.82	5	19	1,417.64
33	$M_{Tulip1}$	-340,628,159	1.995078193	0.005199754	0.005949526	0.01114928	2,303.44	9	19	2,551.76	1,229.17	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	66,296,265	0.714443135			0.001811855	390.27	3	19	850.59	503.41	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-85,157,040	0.917696684			0.002337078	503.41							
	$M_{Tulip2}$	-337,395,382	1.976143637	0.005148236	0.005893061	0.011041297	2,281.13	9	19	2,551.76	1,217.51	5	19	1,417.64
35	$M_{Tulip1}$	-300,320,392	1.758993345	0.004560614	0.005245497	0.009806111	2,025.94	8	19	2,268.23	1,083.72	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	-75,080,098	0.809102303			0.002055907	442.84	3	19	850.59	442.84	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-75,080,098	0.809102303			0.002055907	442.84							
	$M_{Tulip2}$	-307,045,725	1.798383997	0.004666774	0.005362964	0.010029738	2,072.14	8	19	2,268.23	1,107.99	4	19	1,134.11
36	$M_{Tulip1}$	-343,350,522	2.011023225	0.005243173	0.005997076	0.011240248	2,322.24	9	19	2,551.76	1,239.00	5	19	1,417.64
	$M_{Lip}$	-85,837,631	0.925031085			0.002361117	507.51	3	19	850.59	507.51	3	19	850.59
	$M_{Lip}$	-85,837,631	0.925031085			0.002361117	507.51							
	$M_{Tulip2}$	-362,960,982	2.125882787	0.005556896	0.006339598	0.011896494	2,457.82	9	19	2,551.76	1,309.76	5	19	1,417.64

Penulangan Lentur balok Lantai 5

$b_w = 400 \text{ mm}$   
 $h = 600 \text{ mm}$   
 $f_t = 30 \text{ Mpa}$   
 $f_c = 400 \text{ Mpa}$   
 $m = 15.7$   
 $\rho_{\text{pas}} = 0.0244$   
 $\delta_{\text{pas}} = 0.25$

Diameter Tul Utama = 19 mm  
Diameter sengkang = 12 mm  
 $\rho_{\text{pas}} = 0.0036$   
 $\rho_{\text{pas}} = 0.0325$   
 $\rho_{\text{pas}} = 0.0244$

Selimut beton = 40 mm  
Apabila dipasang 1 lapis tulangan  
 $d = 538.5 \text{ mm}$   
 $d' = 61.5 \text{ mm}$   
 $\delta_{\text{pas}} = 0.5$

Apabila dipasang 2 lapis tulangan  
 $d = 516.5 \text{ mm}$   
 $d' = 83.5 \text{ mm}$   
 $\delta_{\text{pas}} = 0.5$

As min = 850.59 mm<sup>2</sup>

As	Lokasi	Ouput SAP (N/mm)	Rn (Mpa)	$\rho_s$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma \text{Tul}$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma \text{Tul}$ (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
Type	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
1332	$M_{\text{Teng}}$	-441,149,988	2.58384017	0.006824931	0.007705274	0.014530205	3,001.94	11	19	3,118.82	1,591.91	6	19	1,701.17
	$M_{\text{Lip}}$	122,386,739	1.31883869			0.003387075	729.58	4	19	1,134.11	655.67	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-110,287,497	1.1885156			0.003043961	655.67							
	$M_{\text{Bung}}$	-348,142,587	2.03909062	0.005319679	0.006080775	0.011400455	2,355.33	9	19	2,551.76	1,256.29	6	19	1,701.17
1340	$M_{\text{Teng}}$	-369,867,348	2.16633376	0.005667786	0.006460227	0.012128013	2,505.65	9	19	2,551.76	1,334.68	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	176,445,139	1.90469782			0.004954251	1,067.15	5	19	1,417.64	547.51	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-92,466,837	0.99647087			0.002541852	547.51							
	$M_{\text{Bung}}$	-348,926,808	2.04368384	0.005332209	0.006094473	0.011426682	2,360.75	9	19	2,551.76	1,259.12	5	19	1,417.64
1347	$M_{\text{Teng}}$	-276,239,941	1.6179528	0.004182055	0.0048249	0.009006955	1,860.84	7	19	1,984.70	996.82	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	2,852,627	0.03074139			7.689998E-05	16.56	3	19	850.59	406.79	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-69,059,985	0.74422643			0.001888539	406.79							
	$M_{\text{Bung}}$	-286,253,820	1.67660465	0.004339186	0.004999805	0.0099338992	1,929.44	7	19	1,984.70	1,032.96	5	19	1,417.64
1348	$M_{\text{Teng}}$	-354,412,883	2.07581609	0.005419938	0.006190295	0.011610233	2,398.67	9	19	2,551.76	1,278.91	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	83,341,350	0.89812987			0.002862832	492.47	3	19	850.59	524.18	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-88,603,221	0.95483453			0.002433534	524.18							
	$M_{\text{Bung}}$	-335,831,604	1.9669845	0.005123332	0.005865748	0.01098908	2,270.34	9	19	2,551.76	1,211.86	5	19	1,417.64
1362	$M_{\text{Teng}}$	-384,930,352	2.25455862	0.005910377	0.006723323	0.0126337	2,610.12	10	19	2,835.29	1,389.04	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	115,715,584	1.2470115			0.003197728	688.79	3	19	850.59	570.30	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-96,232,588	1.03705257			0.002647611	570.30							
	$M_{\text{Bung}}$	-376,860,086	2.20729062	0.005780278	0.006582365	0.012362643	2,554.12	10	19	2,835.29	1,359.92	5	19	1,417.64
1367	$M_{\text{Teng}}$	-304,867,291	1.78562479	0.004632366	0.005324915	0.009957281	2,057.17	8	19	2,268.23	1,100.13	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	8,999,130	0.09697931			0.000242911	52.32	3	19	850.59	449.66	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-76,216,823	0.82135224			0.00208756	449.66							
	$M_{\text{Bung}}$	-139,196,678	0.81528273	0.002071875	0.002431256	0.004503131	930.35	5	19	1,417.64	502.30	3	19	850.59
1372	$M_{\text{Teng}}$	-450,587,272	2.63911487	0.006979897	0.007870109	0.014850005	3,068.01	11	19	3,118.82	1,625.96	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	39,760,156	0.42847618			0.001080345	232.71	5	19	1,417.64	670.06	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-112,646,818	1.21394087			0.003110748	670.06							
	$M_{\text{Bung}}$	-146,463,579	2.61496217	0.006912131	0.007798083	0.014710214	3,039.13	11	19	3,118.82	1,611.08	6	19	1,701.17
1390	$M_{\text{Teng}}$	-372,218,659	2.18010552	0.005705587	0.006501296	0.012206883	2,521.94	9	19	2,551.76	1,343.17	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	89,280,374	0.96213188			0.002452504	528.27	3	19	850.59	551.07	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-93,054,665	1.00280561			0.002553849	551.07							
	$M_{\text{Bung}}$	-298,780,040	1.74997142	0.004536327	0.005218593	0.009754919	2,015.37	8	19	2,268.23	1,078.16	5	19	1,417.64
1399	$M_{\text{Teng}}$	-301,551,332	1.76620303	0.004580031	0.005266997	0.009847027	2,034.40	8	19	2,268.23	1,088.16	5	19	1,417.64
	$M_{\text{Lip}}$	162,858,000	1.75504277			0.004549978	980.07	5	19	1,417.64	444.69	3	19	850.59
	$M_{\text{Ung}}$	-75,387,833	0.81241862			0.002064474	444.69							
	$M_{\text{Bung}}$	-133,214,548	0.78024506	0.001981405	0.00232677	0.004308175	890.07	5	19	1,417.64	480.71	3	19	850.59

**Penulangan Lentur balok Lantai 6**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm			
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan				
$f_c' = 30 \text{ Mpa}$	$\rho_{min} = 0.0035$		$d = 538.5 \text{ mm}$		$d = 516.5 \text{ mm}$		
$f_t = 400 \text{ Mpa}$	$\rho_{std} = 0.0325$		$d' = 61.5 \text{ mm}$		$d' = 83.5 \text{ mm}$		
$m = 15.7$	$\rho_{max} = 0.0244$		$\delta_{Tulip} = 0.5$		$As_{min} = 850.59 \text{ mm}^2$		
	0.25						

As Type	Lokasi	Ouput SAP (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_b$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
173	$M_{Tulip1}$	-423,374,618	2.479728835	0.00653419	0.007394803	0.013928993	2,877.73	11	19	3,118.82	1,527.77	6	19	1,701.17
	$M_{Tulip}$	192,523,943	2.074738446			0.005416994	1,166.82	4	19	1,134.11	628.62	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-105,843,655	1.140626436			0.002918365	628.62							
	$M_{Tulip2}$	-392,867,046	2.301044278	0.006038609	0.006861948	0.012900557	2,665.26	10	19	2,835.29	1,417.68	6	19	1,701.17
309	$M_{Tulip1}$	-333,484,569	1.953237786	0.005085974	0.005824754	0.010910727	2,254.16	8	19	2,268.23	1,203.39	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	-32,475,176	0.349969438			0.000881011	189.77	3	19	850.59	492.65	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-83,371,142	0.898450921			0.002287155	492.65							
	$M_{Tulip2}$	-315,931,619	1.850429176	0.004807331	0.005518168	0.010325499	2,133.25	8	19	2,268.23	1,140.05	5	19	1,417.64
310	$M_{Tulip1}$	-275,138,188	1.611499767	0.004164793	0.004805656	0.008970449	1,853.29	7	19	1,984.70	992.85	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	-68,784,547	0.741258161			0.001880893	405.14	3	19	850.59	405.14	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-68,784,547	0.741258161			0.001880893	405.14							
	$M_{Tulip2}$	-268,401,263	1.57204122	0.004059344	0.004687987	0.008747331	1,807.20	7	19	1,984.70	968.54	5	19	1,417.64
1231	$M_{Tulip1}$	-408,113,561	2.39034397	0.006285747	0.007128249	0.013413996	2,771.33	10	19	2,835.29	1,472.70	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	178,775,579	1.926578901			0.005013593	1,079.93	5	19	1,417.64	605.43	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-102,028,390	1.099511158			0.002810741	605.43							
	$M_{Tulip2}$	-412,132,050	2.413880485	0.006351062	0.007198437	0.013549499	2,799.33	10	19	2,835.29	1,487.20	5	19	1,417.64
1244	$M_{Tulip1}$	-323,072,232	1.892252146	0.004920525	0.005642888	0.010563413	2,182.40	8	19	2,268.23	1,165.82	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	74,203,101	0.799651329			0.002031497	437.58	3	19	850.59	476.99	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-80,768,058	0.870398727			0.002214458	476.99							
	$M_{Tulip2}$	-310,566,385	1.8190047	0.0044722424	0.005424457	0.010146881	2,096.35	8	19	2,268.23	1,120.69	5	19	1,417.64
1245	$M_{Tulip1}$	-350,350,919	2.052024942	0.00535497	0.006119347	0.011474317	2,370.59	9	19	2,551.76	1,264.26	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	106,501,693	1.147717805			0.002936947	632.62	3	19	850.59	518.06	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-87,587,730	0.943891067			0.002405096	518.06							
	$M_{Tulip2}$	-343,729,969	2.013245668	0.005249227	0.006003703	0.01125293	2,324.86	9	19	2,551.76	1,240.37	5	19	1,417.64
1246	$M_{Tulip1}$	-415,575,755	2.434050458	0.006407094	0.007258586	0.013665679	2,823.33	10	19	2,835.29	1,499.62	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	161,066,295	1.735734417			0.00449802	968.87	3	19	850.59	616.76	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-103,893,930	1.119615282			0.002863342	616.76							
	$M_{Tulip2}$	-376,658,491	2.206109864	0.005777032	0.006578844	0.012355876	2,552.72	10	19	2,835.29	1,359.19	5	19	1,417.64
1247	$M_{Tulip1}$	-375,048,975	2.196682839	0.005751122	0.006550731	0.012301853	2,541.56	9	19	2,551.76	1,353.38	5	19	1,417.64
	$M_{Tulip}$	128,851,854	1.388574796			0.00357148	769.30	3	19	850.59	555.35	3	19	850.59
	$M_{Tulip}$	-93,762,244	1.010430851			0.002578212	555.35							
	$M_{Tulip2}$	-337,969,067	2.096644862	0.005476876	0.006252408	0.011729284	2,423.27	9	19	2,551.76	1,291.75	5	19	1,417.64

**Penulangan Lentur balok Lantai 7**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm										
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan											
$f_s = 30 \text{ Mpa}$	$\rho_{sin} = 0.0035$		$d = 538.5 \text{ mm}$											
$f_t = 400 \text{ Mpa}$	$\rho_{bal} = 0.0325$		$d' = 61.5 \text{ mm}$											
$m = 15.7$	$\rho_{pasang} = 0.0244$	0.25	$t_{tulang} = 0.5$											
As Type	Lokasi	Ouput SAP (Nm/m)	Rn (Mpa)	$\rho_s$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma$ Tul (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma$ Tul (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
1482	$M_{Tulang}$	-369,463,505	2.16396843	0.005661296	0.006453174	0.012114469	2,502.85	9	19	2,551.76	1,333.23	5	19	1,417.64
	$M_{Lipat}$	123,727,495	1.33335203			0.003425407	737.83	3	19	850.59	546.90	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-92,365,876	0.99538287			0.002539919	546.90							
	$M_{Pasang}$	-253,294,287	1.48355882	0.003823561	0.004424123	0.008247684	1,703.97	7	19	1,984.70	914.02	5	19	1,417.64
1483	$M_{Tulang}$	-378,438,404	2.21653491	0.005805699	0.006609932	0.012415632	2,565.07	10	19	2,835.29	1,365.61	5	19	1,417.64
	$M_{Lipat}$	17,401,141	0.18752377			0.000470546	101.36	3	19	850.59	560.47	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-94,609,601	0.101956242			0.002602008	560.47							
	$M_{Pasang}$	-348,663,273	2.04214031	0.005327998	0.00608987	0.011417868	2,358.93	9	19	2,551.76	1,258.17	5	19	1,417.64
1486	$M_{Tulang}$	-307,993,293	1.80393396	0.004681747	0.005379514	0.010061261	2,078.66	8	19	2,268.23	1,111.41	5	19	1,417.64
	$M_{Lipat}$	140,679,393	1.51603452			0.003909993	842.21	3	19	850.59	454.35	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-76,998,323	0.8297741			0.002109332	454.35							
	$M_{Pasang}$	-302,147,788	1.76969651	0.004589441	0.005277415	0.009866856	2,038.49	8	19	2,268.23	1,090.31	5	19	1,417.64
1490	$M_{Tulang}$	-288,053,490	1.68714541	0.00436747	0.005031239	0.009397809	1,941.77	7	19	1,984.70	1,039.45	5	19	1,417.64
	$M_{Lipat}$	-9,796,403	0.10557115			0.000264476	56.97	3	19	850.59	424.47	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-72,013,373	0.77605367			0.001970591	424.47							
	$M_{Pasang}$	-269,670,859	1.57947732	0.004079202	0.004710162	0.008789364	1,815.88	7	19	1,984.70	973.12	5	19	1,417.64
1491	$M_{Tulang}$	-230,589,927	1.35057811	0.003470935	0.004027561	0.007498496	1,549.19	6	19	1,701.17	832.09	5	19	1,417.64
	$M_{Lipat}$	-57,647,482	0.62123934			0.001572492	338.71	3	19	850.59	338.71	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-57,647,482	0.62123934			0.001572492	338.71							
	$M_{Pasang}$	-221,090,141	1.29493733	0.003324002	0.003861635	0.007185637	1,484.55	6	19	1,701.17	797.81	3	19	850.59
1497	$M_{Tulang}$	-194,281,336	1.13791667	0.002911266	0.003393383	0.006304649	1,302.54	5	19	1,417.64	701.07	3	19	850.59
	$M_{Lipat}$	-48,570,335	0.52341926			0.001322261	284.81	3	19	850.59	284.81	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-48,570,335	0.52341926			0.001322261	284.81							
	$M_{Pasang}$	-204,591,527	1.19830403	0.003069665	0.003573464	0.006643129	1,372.47	5	19	1,417.64	738.28	3	19	850.59
1577	$M_{Tulang}$	1,274,448	0.00746451	1.8664E-05	2.2259E-05	4.09239E-05	8.45	3	19	850.59	4.60	3	19	850.59
	$M_{Lipat}$	-157,999,896	1.7026893			0.004409202	949.74	5	19	1,417.64	646.58	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-108,795,669	1.17243888			0.003001769	646.58							
	$M_{Pasang}$	-435,182,674	2.54888928	0.006727162	0.007601047	0.014328209	2,960.21	11	19	3,118.82	1,570.38	5	19	1,417.64
1578	$M_{Tulang}$	-179,962,136	1.0540483	0.002691957	0.003143279	0.005835236	1,205.56	5	19	1,417.64	649.40	3	19	850.59
	$M_{Lipat}$	-135,862,088	1.46412073			0.003771887	812.46	3	19	850.59	812.46	3	19	850.59
	$M_{sifat}$	-135,862,088	1.46412073			0.003771887	812.46							
	$M_{Pasang}$	-273,690,454	1.60302031	0.004142116	0.004780369	0.008922486	1,843.39	7	19	1,984.70	987.62	5	19	1,417.64

**Penulangan Lentur balok Lantai 8**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan	
$f'_t = 30 \text{ Mpa}$	$\rho_{bm} = 0.0035$		$d = 538.5 \text{ mm}$	
$f'_s = 400 \text{ Mpa}$	$\rho_{bs} = 0.0325$		$d' = 61.5 \text{ mm}$	
$m = 16$	$\rho_{bm} = 0.0244$	0.25	$\delta_{Tul} = 0.5$	

Apabila dipasang 2 lapis tulangan  
 $d = 516.5 \text{ mm}$   
 $d' = 83.5 \text{ mm}$   
 $\text{As min} = 850.59 \text{ mm}^2$

Type	Lokasi	Output SAP (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_s$	$\rho'$	p	As ( $\text{mm}^2$ )	$\Sigma \text{Tul}$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm $^2$ )	As' ( $\text{mm}^2$ )	$\Sigma \text{Tul}$ (Btg)	D (mm)	As' pasang ( $\text{mm}^2$ )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
2	M <sub>Tul</sub>	-328,364,544	1.923249513	0.00500456	0.005735325	0.010739886	2,218.86	8	19	2,268.23	1,184.92	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	42,627,939	0.459380913			0.001158988	249.65	3	19	850.59	484.95	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-82,091,136	0.884656906			0.002251397	484.95							
	M <sub>Tul</sub>	-299,521,831	1.754316129	0.004548022	0.005231549	0.009779571	2,020.46	8	19	2,268.23	1,080.84	5	19	1,417.64
5	M <sub>Tul</sub>	-259,958,762	1.522593019	0.003927463	0.004540527	0.00846799	1,749.49	7	19	1,984.70	938.07	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	140,687,949	1.516126731			0.003910238	842.27	3	19	850.59	382.47	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-64,989,691	0.700362808			0.001775636	382.47							
	M <sub>Tul</sub>	-253,802,568	1.486535847	0.003831479	0.004433001	0.00826448	1,707.44	7	19	1,984.70	915.86	5	19	1,417.64
86	M <sub>Tul</sub>	-237,305,875	1.389913792	0.003575026	0.004144864	0.00771989	1,594.93	6	19	1,701.17	856.33	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	15,795,364	0.170219079			0.000426978	91.97	3	19	850.59	1,337.35	5	19	1,417.64
	M <sub>lip</sub>	-219,229,688	2.3625333483			0.006208667	1,337.35							
	M <sub>Tul</sub>	-219,229,688	1.284040553	0.003295268	0.003829139	0.007124408	1,471.90	6	19	1,701.17	791.10	3	19	850.59
87	M <sub>Tul</sub>	-181,598,844	1.063634594	0.002716985	0.003171866	0.005888851	1,216.64	5	19	1,417.64	655.31	3	19	850.59
	M <sub>Lip</sub>	-45,399,711	0.489250969			0.001235092	266.04	3	19	850.59	266.04	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-45,399,711	0.489250969			0.001235092	266.04							
	M <sub>Tul</sub>	-170,075,679	0.996142771	0.002540997	0.002970599	0.005511598	1,138.70	5	19	1,417.64	613.73	3	19	850.59
1647	M <sub>Tul</sub>	-255,534,736	1.496681252	0.00385847	0.004463256	0.008321726	1,719.27	7	19	1,984.70	922.11	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	103,373,790	1.114009891			0.002848671	613.60	3	19	850.59	375.87	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-63,888,684	0.688443905			0.001744992	375.87							
	M <sub>Tul</sub>	-198,824,404	1.164525663	0.002981012	0.003472734	0.006453746	1,333.34	7	19	1,984.70	717.47	3	19	850.59
1656	M <sub>Tul</sub>	-315,582,956	1.849810302	0.004805658	0.005516322	0.01032198	2,132.52	8	19	2,268.23	1,139.67	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	179,122,003	1.930312143			0.005023724	1,082.11	5	19	1,417.64	466.11	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-78,956,480	0.850876314			0.002163917	466.11							
	M <sub>Tul</sub>	-295,571,933	1.731181355	0.004485774	0.005162559	0.009648333	1,993.35	8	19	2,268.23	1,066.58	5	19	1,417.64
1658	M <sub>Tul</sub>	-306,487,055	1.795111836	0.004657948	0.005353206	0.010011154	2,068.30	8	19	2,268.23	1,105.97	5	19	1,417.64
	M <sub>Lip</sub>	179,029,826	1.929318801			0.005021028	1,081.53	5	19	1,417.64	452.09	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	-76,621,764	0.825716097			0.00209884	452.09							
	M <sub>Tul</sub>	-305,202,917	1.787590568	0.004637666	0.005330777	0.009968443	2,059.48	8	19	2,268.23	1,101.34	5	19	1,417.64
1713	M <sub>Tul</sub>	1,328,586	0.007781603	1.9457E-05	2.32055E-05	4.26625E-05	8.81	3	19	850.59	4.79	3	19	850.59
	M <sub>Lip</sub>	-157,794,391	1.700474673			0.004403255	948.46	5	19	1,417.64	1.93	3	19	850.59
	M <sub>lip</sub>	332,147	0.003579384			8.94909E-06	1.93							
	M <sub>Tul</sub>	-434,786,032	2.546566125	0.006720669	0.007594119	0.014314788	2,957.44	11	19	3,118.82	1,568.94	7	19	1,984.70

**Penulangan Lentur balok Lantai Atap**

$b_w = 400$ mm	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm
$h = 600$ mm	Diameter sengkang =	12 mm	Apabila dipasang 1 lapis tulangan	
$f_c' = 30$ Mpa	$\rho_{min} =$	0.0035	$d = 538.5$ mm	$d = 516.5$ mm
$f_y = 400$ Mpa	$\rho_{bal} =$	0.0325	$d' = 61.5$ mm	$d' = 83.5$ mm
$m = 15.7$	$\rho_{min} =$	0.0244	$\delta_{temp} = 0.5$	As min = 850.59 mm <sup>2</sup>
		0.25		

Apabila dipasang 2 lapis tulangan

$d = 516.5$  mm

$d' = 83.5$  mm

As min = 850.59 mm<sup>2</sup>

As Type	Lokasi	Ouput SAP (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_b$	$\rho'$	$\rho$	As (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' (mm <sup>2</sup> )	$\Sigma Tul$ (Btg)	D (mm)	As' pasang (mm <sup>2</sup> )
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	
568	M <sub>Temp1</sub>	-121,381,216	0.710936576	0.001802833	0.002120085	0.003922918	810.47	3	19	850.59	438.01	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-30,345,304	0.327016826			0.000822853	177.24	3	19	850.59	177.24	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-30,345,304	0.327016826			0.000822853	177.24							
569	M <sub>Temp1</sub>	-108,942,141	0.638080218	0.001615674	0.00190282	0.003518494	726.92	3	19	850.59	393.12	2	19	567.06
	M <sub>Lag</sub>	-9,824,493	0.057542607	0.000144019	0.000171598	0.000315617	65.21	3	19	850.59	35.45	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	60,136,416	0.648061389			0.001641281	353.53	3	19	850.59	14.26	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-2,456,123	0.026468466			6.62055E-05	14.26							
569	M <sub>Temp2</sub>	-127,498,815	0.746767696	0.001895087	0.002226937	0.004122024	851.61	5	19	1,417.64	460.09	3	19	850.59
580	M <sub>Temp1</sub>	-28,965,871	0.169654727	0.000425557	0.000505928	0.000931485	192.44	3	19	850.59	104.52	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	8,899,841	0.095909332			0.000240226	51.74	3	19	850.59	42.09	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-7,241,468	0.078037834			0.000195394	42.09							
580	M <sub>Temp2</sub>	-136,686,047	0.800577828	0.002033889	0.002387404	0.004421294	913.44	4	19	1,134.11	493.24	3	19	850.59
581	M <sub>Temp1</sub>	-24,216,286	0.141836144	0.000355582	0.00042297	0.000778552	160.85	3	19	850.59	87.39	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	2,341,291	0.025230971			6.31087E-05	13.59	3	19	850.59	35.18	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-6,054,072	0.065241833			0.000163314	35.18							
581	M <sub>Temp2</sub>	-19,099,266	0.111865468	0.00028028	0.000333594	0.000613874	126.83	3	19	850.59	68.92	3	19	850.59
582	M <sub>Temp1</sub>	-17,264,197	0.101117367	0.000253297	0.000301542	0.000554839	114.63	3	19	850.59	62.30	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	17,096,593	0.184241807			0.000462281	99.58	3	19	850.59	25.07	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-4,316,049	0.046511998			0.000116386	25.07							
582	M <sub>Temp2</sub>	-132,069,292	0.773537235	0.001964099	0.002306767	0.004270866	882.36	4	19	1,134.11	476.58	3	19	850.59
615	M <sub>Temp1</sub>	-178,195,583	1.043701504	0.002664956	0.003112424	0.00577738	1,193.61	5	19	1,417.64	643.03	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	31,566,141	0.340173199			0.000856182	184.42	3	19	850.59	261.00	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-44,548,896	0.480082124			0.001211721	261.00							
615	M <sub>Temp2</sub>	-135,271,523	0.792292882	0.002012498	0.002362698	0.004375196	903.92	5	19	1,417.64	488.13	3	19	850.59
621	M <sub>Temp1</sub>	-412,634,520	2.41682348	0.006359234	0.007207213	0.013566447	2,802.83	10	19	2,835.29	1,489.01	6	19	1,701.17
	M <sub>Lag</sub>	240,084,693	2.587277899			0.006834557	1,472.16	6	19	1,701.17	612.30	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-103,158,630	1.111691211			0.002842604	612.30							
621	M <sub>Temp2</sub>	-412,634,520	2.41682348	0.006359234	0.007207213	0.013566447	2,802.83	10	19	2,835.29	1,489.01	6	19	1,701.17
716	M <sub>Temp1</sub>	-146,495,553	0.858032654	0.002182439	0.002558741	0.004741179	979.53	5	19	1,417.64	528.64	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	766,925	0.008264786			2.06653E-05	4.45	3	19	850.59	214.20	3	19	850.59
	M <sub>Lag</sub>	-36,623,888	0.394678125			0.000994452	214.20							
716	M <sub>Temp2</sub>	-146,395,039	0.857443937	0.002180915	0.002556985	0.0047379	978.85	5	19	1,417.64	528.27	3	19	850.59

**Penulangan Geser balok Lantai 2**

$b_w = 400 \text{ mm}$  Diameter Tul Utama = 19 mm  
 $h = 600 \text{ mm}$  Diameter sengkang = 12 mm  
 $f_y = 30 \text{ Mpa}$   $V_c$  Tumpuan = 0 N  
 $f_y = 400 \text{ Mpa}$  (Tulangan Utama' V, Lapangan = 196,632 N  
 $f_c$  sengkang = 400 Mpa  
 Selimut beton = 40 mm  
 $S_{\text{Maz}} \text{ Tump} = 128.2727273 \text{ mm}$   
 $S_{\text{Maz}} \text{ Lap} = 256.5454545 \text{ mm}$   
 $A_v \text{ 1 kaki} = 113.0973355 \text{ mm}^2$   
 Batas Tu = 9,859,006 N/mm  
 $1.2 D_L + 1.1 L$

As Type	Letak	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' pasang (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	a' (mm)	Mpr (Nm)	Mpr (Nm)	Cek (mm)	L <sub>c</sub> (mm)	L <sub>n</sub> (mm)	V <sub>g</sub> (SAP)	V <sub>c</sub> (N)	V <sub>s</sub> (N)	Jumlah kaki (mm)	Sperlu (mm)	Spasang (Nm)	Tu (Nm)	Cek
(i)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
404	Tumpuan	1,417.64	850.59	69.49	41.70	339,061,200	209,347,643	OK	6000	5250	52,946	157,405	209,873	2	221,19773	125	-931,469	Tdk Perlu
	Lapangan											121,426	-34,731	2	+102,866	250		
411	Tumpuan	2,835.29	1,417.64	138.98	69.49	628,864,714	339,061,200	OK	6000	5250	-148,379	332,746	443,661	2	104,637	100	-627,487	Tdk Perlu
	Lapangan											256,690	145,620	2	334,58432	250		
414	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	-126,109	300,187	400,249	2	115,9863	100	2,251,255	Tdk Perlu
	Lapangan											231,572	112,131	2	434,51286	250		
417	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	29,681	193,094	257,458	2	180,31401	125	-2,214,439	Tdk Perlu
	Lapangan											148,958	1,978	2	24626,736	250		
418	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-79,644	243,056	324,075	2	143,24879	125	882,045	Tdk Perlu
	Lapangan											187,501	53,368	2	912,94309	250		
420	Tumpuan	1,984.70	1,134.11	97.29	55.59	460,893,528	275,189,575	OK	6000	5250	-78,531	218,737	291,649	2	159,1754	125	-728,975	Tdk Perlu
	Lapangan											168,740	28,354	2	1718,3528	250		
428	Tumpuan	2,268.23	1,134.11	111.19	55.59	518,854,231	275,189,575	OK	6000	5250	-94,365	245,612	327,482	2	141,75835	125	693,748	Tdk Perlu
	Lapangan											189,472	55,097	2	870,08947	250		
451	Tumpuan	3,118.82	1,701.17	152.88	83.39	680,914,494	400,962,518	OK	6000	5250	154,378	360,449	480,599	2	96,594753	75	429,889	Tdk Perlu
	Lapangan											278,061	174,116	2	279,82743	250		

### **Penulangan Geser balok Lantai 3**

$b_w = 400 \text{ mm}$

Diameter Tul Utama = 19 mm

Selimut beton = 40 mm Faktor reduksi  $\gamma = 0.75$

$b = 600 \text{ mm}$

Diameter sengkang = 12 mm

S. Tump = 128.222222 mm Anabile dipasang 2 lapis tulangan

$$r = 30 \text{ Mpc}$$

V. THYMELIPO E.

S. Lop = 265.515151515 mm Apaia dipasang z lap

$\sigma_c = 30 \text{ MPa}$        $\sigma_f = 400 \text{ MPa}$       (Tension-tension)

Maltese Islands 101-102

S<sub>max</sub> Lap = 256.5454545 mm d = 513.1 mm

$$\sigma_y = 400 \text{ MPa}$$

Vc Lapangan = 196,632

Av 1 kaki = 113.0973355 mm d = 83.5 mm

**Penulangan Geser balok Lantai 4**

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama = 19 mm	Selimut beton = 40 mm	Faktor reduksi = 0.75
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang = 12 mm	$S_{\text{tulip}} \text{ Tump} = 128.2727273 \text{ mm}$	Apabila dipasang 2 lapis tulangan
$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$V_c \text{ Tumpuan} = 0 \text{ N}$	$S_{\text{tulip}} \text{ Lap} = 256.5454545 \text{ mm}$	$d = 513.1 \text{ mm}$
$f_y = 400 \text{ Mpa (Tulungan Utama)}$	$V_c \text{ Lapangan} = 196,632 \text{ N}$	$A_v 1 \text{ kaki} = 113.0973355 \text{ mm}^2$	$d' = 83.5 \text{ mm}$
$f_y \text{ sengkang} = 400 \text{ Mpa}$		Batas Tu = 9,859,006 N/mm	
			1,2 DL+LL

As Type	Letak	As pasang	As' pasang	a	a'	Mpr	Mpr'	Cek	L	Ln	Vg(SAP)	V <sub>u</sub>	V <sub>s</sub>	Jumlah	Sperlu	Spasang	Tu	Cek
(1)	(2)	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(Nm)	(Nm)		(mm)	(mm)	combl6	(N)	(N)	kaki	(mm)	(Nm)	Torsi	
(0)																		
8	Tumpuan	3,118.82	1,701.17	152.88	83.39	680,914,494	400,962,518	OK	6000	5250	-156,749	362,821	483,761	2	95.963494	75	-714,477	Tdk Perlu
	Lapangan											279,890	176,554	2	275.96205	250		
11	Tumpuan	2,835.29	1,701.17	138.98	83.39	628,864,714	400,962,518	OK	6000	5250	-128,571	324,728	432,971	2	107.22048	100	1,940,070	Tdk Perlu
	Lapangan											250,505	137,374	2	354.66946	250		
13	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	-120,665	294,742	392,990	2	118.12874	100	-1,744,670	Tdk Perlu
	Lapangan											227,373	106,531	2	457.35339	250		
31	Tumpuan	2,835.29	1,417.64	138.98	69.49	628,864,714	339,061,200	OK	6000	5250	-157,389	341,756	455,675	2	101.87825	100	88,998	Tdk Perlu
	Lapangan											263,641	154,888	2	314.56428	250		
32	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-156,326	319,738	426,318	2	108.89378	100	-783,948	Tdk Perlu
	Lapangan											246,655	132,241	2	368.43465	250		
33	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	-77,419	251,496	335,329	2	138.44146	125	-655,975	Tdk Perlu
	Lapangan											194,012	62,050	2	785.21572	250		
35	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	50,793	214,206	285,607	2	162.5426	125	-726,562	Tdk Perlu
	Lapangan											165,244	23,693	2	2056.3739	250		
36	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	21,855	195,932	261,242	2	177.70229	125	815,051	Tdk Perlu
	Lapangan											151,147	4,897	2	9948.5032	250		



### Penulangan Geser balok Lantai 5

$b_w = 400$ mm	Diameter Tul Utama =	19 mm
$h = 600$ mm	Diameter sengkang =	12 mm
$f_s = 30$ Mpa	$V_z$ Tumpuan =	0 N
$f_y = 400$ Mpa (Tulangan Utama)	$V_z$ Lepangan =	196,632 N
	$f_z$ sengkang =	400 Mpa

Selimut beton =	40	mm	Faktor reduksi = 0.75
$S_{\text{tulang}} \text{ Tump} =$	128.2727273	mm	Apabila dipasang 2 lapis tulangan
$S_{\text{tulang}} \text{ Lap} =$	256.5454545	mm	$d = 513.1 \text{ mm}$
$\text{Av 1 kaki} =$	113.0973355	mm <sup>2</sup>	$d' = 83.5 \text{ mm}$

As Type	Letak	As passing (mm <sup>3</sup> )	As' passing (mm <sup>3</sup> )	1,2 DL+ILL														
				a (mm)	a (mm)	Mpr (Nm/mm)	Mpr' (Nm/mm)	Cek (mm)	L (mm)	Ln (mm)	Vg(SAP) comb16 (N)	V <sub>U</sub> (N)	V <sub>S</sub> (N)	Jumlah kaki (mm)	Sperlu (Nm)	Spasang (Nm)	Tu (Nm)	Cek (Nm)
(6)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
1332	Tumpuan Lapangan	3,118.82	1,701.17	152.88	83.39	680,914,494	400,962,518	OK	6000	5250	58,762	264,834	353,112	2	131,4693	125	26,932	Tdk Perlu
	Lapangan											204,300	75,768	2	643,0451	250		
1340	Tumpuan Lapangan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	99,604	273,681	364,908	2	127,2194	125	8,258	Tdk Perlu
	Lapangan											211,125	84,868	2	574,0949	250		
1347	Tumpuan Lapangan	1,984.70	1,417.64	97.29	69.49	460,893,528	339,061,200	OK	6000	5250	50,897	203,270	271,026	2	171,2873	125	450,149	Tdk Perlu
	Lapangan											156,808	12,445	2	3914,981	250		
1348	Tumpuan Lapangan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	96,384	270,462	360,615	2	128,7338	125	-897,300	Tdk Perlu
	Lapangan											208,642	81,557	2	597,4053	250		
1362	Tumpuan Lapangan	2,835.29	1,417.64	138.98	69.49	628,864,714	339,061,200	OK	6000	5250	110,118	294,484	392,646	2	118,2322	100	118,016	Tdk Perlu
	Lapangan											227,174	106,266	2	458,4948	250		
1367	Tumpuan Lapangan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	8,379	171,791	229,055	2	202,6735	125	156,724	Tdk Perlu
	Lapangan											132,525	-19,933	2	-2444,323	250		
1372	Tumpuan Lapangan	3,118.82	1,417.64	152.88	69.49	680,914,494	339,061,200	TDK OK	6000	5250	153,986	348,267	464,356	2	99,7359	75	361,434	Tdk Perlu
	Lapangan											268,663	161,585	2	301,5269	250		
1390	Tumpuan Lapangan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	46,572	220,649	294,199	2	157,7958	125	816,874	Tdk Perlu
	Lapangan											170,215	30,321	2	1606,878	250		
1399	Tumpuan Lapangan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	67,326	230,739	307,652	2	150,8958	125	-794,706	Tdk Perlu
	Lapangan											177,999	40,699	2	1197,137	250		

**Penulangan Geser balok Lantai 6**

$b_y = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm	Faktor reduksi = 0.75
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	$S_{maks} \text{ Tump} =$	128.2727273 mm	Apabila dipasang 2 lapis tulangan
$f'_y = 30 \text{ Mpa}$	$V, \text{Tumpuan} =$	0 N	$S_{maks} \text{ Lap} =$	256.5454545 mm	$d = 513.1 \text{ mm}$
$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Tulangan Utama)	$V, \text{Lapangan} =$	196,632 N	$A v \text{ I kaki} =$	113.0973355 mm <sup>2</sup>	$d' = 83.5 \text{ mm}$
	$f, \text{sengkang} =$	400 Mpa	Batas Tu =	9,859,006 Nmm	
					1,2 DL+1LL

Type	Letak	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' pasang (mm <sup>2</sup> )	a (mm)	a' (mm)	Mpr'	Mpr''	Cek	L (mm)	Ln (mm)	Vg(SAP)	V <sub>U</sub>	V <sub>s</sub>	Jumlah kaki (mm)	Sperlu (Nm)	Spasang (Nm)	Tu (Nm)	Cek
(0)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(Nmm)	(Nmm)		(mm)	(mm)	comb16 (N)	(N)	(N)	(mm)	(16)	(17)	(18)	
173	Tumpuan	3,118.82	1,701.17	152.88	83.39	680,914,494	400,962,518	OK	6000	5250	153,168	359,240	478,987	2	96.9199311	75	376,203	Tdk Perlu
	Lapangan										277,128	172,872	2	281,840935	250			
309	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-155,952	319,364	425,819	2	109,021317	100	-735,494	Tdk Perlu
	Lapangan										246,367	131,857	2	369,509684	250			
310	Tumpuan	1,984.70	1,417.64	97.29	69.49	460,893,528	339,061,200	OK	6000	5250	-79,203	231,575	308,767	2	150,351061	125	-678,960	Tdk Perlu
	Lapangan										178,643	41,559	2	1172,36801	250			
1231	Tumpuan	2,835.29	1,417.64	138.98	69.49	628,864,714	339,061,200	OK	6000	5250	153,969	338,336	451,115	2	102,90805	100	264,485	Tdk Perlu
	Lapangan										261,002	151,371	2	321,874558	250			
1244	Tumpuan	2,268.23	1,417.64	111.19	69.49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-86,827	250,240	333,653	2	139,13667	125	-410,278	Tdk Perlu
	Lapangan										193,042	60,757	2	801,920204	250			
1245	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	-107,186	281,263	375,018	2	123,789861	100	658,647	Tdk Perlu
	Lapangan										216,974	92,667	2	525,779451	250			
1246	Tumpuan	2,835.29	1,417.64	138.98	69.49	628,864,714	339,061,200	OK	6000	5250	-144,856	329,223	438,964	2	105,756746	100	-3,095,031	Tdk Perlu
	Lapangan										253,972	141,997	2	343,122899	250			
1247	Tumpuan	2,551.76	1,417.64	125.09	69.49	574,844,626	339,061,200	OK	6000	5250	-139,152	313,229	417,639	2	111,156651	100	512,451	Tdk Perlu
	Lapangan										241,634	125,546	2	388,082294	250			

#### Penulangan Geser balok Lantai 7

$b_w = 400$ mm	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40	mm	Faktor reduksi =	0.75	
$h = 600$ mm	Diameter sengkang =	12 mm	$S_{max}$ Tump =	128.2727273	mm	Apabila dipasang 2 lapis tulangan		
$f_c' = 30$ Mpa	$V_z$ Tumpuan =	0 N	$S_{rules}$ Lap =	256.5454545	mm	$d =$	513.1 mm	
$f_y = 400$ Mpa	(Tulangan Utama)	$V_t$ Lapangan =	196,632 N	Av 1 kaki =	113.097355	mm <sup>2</sup>	$d' =$	83.5 mm
		$f_s$ sengkang =	400 Mpa	Batas Tu =	9,859,006	Nmm		

Penuangan Geser balok Lantai 8

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Selimut beton =	40 mm	Faktor reduksi = 0.8
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	$S_{\text{soket}} \text{ Tump} =$	128,2727273 mm	Apa bila dipasang 2 lapis tulangan
$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$V, \text{Tumpuan} =$	0 N	$S_{\text{soket}} \text{ Lap} =$	236,5454545 mm	$d = 513.1 \text{ mm}$
$f_y = 400 \text{ Mpa}$ (Tulangan Utama)	$V, \text{Lapangan} =$	196,632 N	$A_v 1 \text{ kaki} =$	113,0973355 mm <sup>2</sup>	$d' = 83.5 \text{ mm}$
$f_y \text{ sengkang} =$	400 Mpa		Batas Tu =	9,859,006 Nmm	

As Type	Letak	As pasang (mm <sup>2</sup> )	As' pasang (mm <sup>2</sup> )	a	a	Mpr	Mpr'	Cek	L	Ln	Vg(SAP)	V <sub>u</sub>	V <sub>s</sub>	Jumlah	Sperlu	Spasang	Tu	Cek	
				(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(mm)	comb16 (N)	(N)	(N)	kaki (12)	(13)	(14)	(15)
2	Tumpuan	2,268,23	1,417,64	111,19	69,49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	153,461	316,873	422,498	2	109,8784	100	172,475	Tdk Perlu	
	Lapangan											244,445	129,294	2	376,8329	250			
5	Tumpuan	1,984,70	1,417,64	97,29	69,49	460,893,528	339,061,200	OK	6000	5250	123,925	276,988	368,397	2	126,0145	125	-280,888	Tdk Perlu	
	Lapangan											213,144	87,560	2	556,4474	250			
86	Tumpuan	1,701,17	1,417,64	83,39	69,49	400,962,518	339,061,200	OK	6000	5250	-156,025	296,982	395,976	2	117,238	100	-600,616	Tdk Perlu	
	Lapangan											229,100	108,834	2	447,6738	250			
87	Tumpuan	1,417,64	850,59	69,49	41,70	339,061,200	209,347,643	OK	6000	5250	-80,000	184,459	245,945	2	188,755	125	-622,680	Tdk Perlu	
	Lapangan											142,297	-6,903	2	-7057,84	250			
1647	Tumpuan	1,984,70	1,417,64	97,29	69,49	460,893,528	339,061,200	OK	6000	5250	-114,886	267,258	356,344	2	130,2768	125	-357,685	Tdk Perlu	
	Lapangan											206,171	78,262	2	622,5567	250			
1656	Tumpuan	2,268,23	1,417,64	111,19	69,49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-156,623	320,035	426,714	2	108,7928	100	72,784	Tdk Perlu	
	Lapangan											246,884	132,547	2	367,5862	250			
1658	Tumpuan	2,268,23	1,417,64	111,19	69,49	518,854,231	339,061,200	OK	6000	5250	-153,505	316,917	422,556	2	109,8631	100	-232,460	Tdk Perlu	
	Lapangan											244,479	129,340	2	376,7005	250			
1713	Tumpuan	850,59	850,59	41,70	41,70	209,347,643	209,347,643	OK	6000	5250	372,578	452,330	603,106	2	76,97377	75	14,060,081	Tdk Perlu	
	Lapangan											348,940	268,621	2	181,3794	250			

## Penulangan Geser balok Atap

$b_w = 400 \text{ mm}$	Diameter Tul Utama =	19 mm	Sluiting beton =	40 mm	Faktor reduksi =	0.75
$h = 600 \text{ mm}$	Diameter sengkang =	12 mm	$S_{\text{maks}} \text{ Tump} =$	128.2727273 mm	Apabila dipasang 2 lapis tulangan	
$f_c' = 30 \text{ Mpa}$	$V_c \text{ Tumpuan} =$	0 N	$S_{\text{maks}} \text{ Lap} =$	256.5454545 mm	$d =$	513.1 mm
$f_p = 400 \text{ Mpa (Tulangan Utama)}$	$V_c \text{ Lapangan} =$	196,632 N	Av 1 kaki =	113.0973355 mm <sup>2</sup>	$d' =$	83.5 mm
	$f_s \text{ sengkang} =$	400 Mpa	Batas Tu =	985,006 N/mm		

1,2 DL+1LJ

### Lampiran Tabel Design Penulangan Pelat pada Lantai 2

#### PEMBEBANAN

##### Beban Hidup

- Beban hidup (Ruang Pasien)

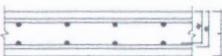
$$\begin{aligned}
 &= 300.00 \text{ Kg/m}^2 \\
 q_L &= 300.00 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

##### Beban Mati

- Berat pelat ( $i = 12$ )	=	0.12	$\times$	2400	$\text{Kg/m}^3$	=	288.00 $\text{Kg/m}^3$
- Beban plafon+rangka	=	11	$+$	7	$\text{Kg/m}^3$	=	18.00 $\text{Kg/m}^3$
- Plumbing + Ducting AC	=					=	25.00 $\text{Kg/m}^3$
- Tegel (1 cm)	=	1	$\times$	24	$\text{Kg/m}^3$	=	24.00 $\text{Kg/m}^3$
- Spes (1 cm)	=	1	$\times$	21	$\text{Kg/m}^3$	=	21.00 $\text{Kg/m}^3$
						$q_D =$	376.00 $\text{Kg/m}^3$

- Tebal plat	=	120 mm
- Diameter tul. Rencana	=	10 mm
- Tebal decking	=	20 mm

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 30 \text{ Mpa} & \rho_{\min} &= 0.00350 \\
 f_y &= 460 \text{ Mpa} & \rho_{\max} &= 0.024 \\
 t &= 120 \text{ mm} & m &= 15.686 \\
 dx &= 95.0 \text{ mm} & qD &= 376.00 \text{ Kg/m}^2 \\
 dy &= 85.0 \text{ mm} & qL &= 300.00 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$



TYPE PELAT	Ly	Lx (m)	q <sub>ue</sub> (kg/m)	Ly/Lx	$a$	Mu (Nmm)	Mn (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho$ perlu	$\rho$ min	$\rho$ pakai	As (mm <sup>2</sup> )	$\rho \cdot b \cdot dx$	TULANGAN PAKAI
						(0.001 * q <sub>ue</sub> * Lx <sup>2</sup> * a)	(Mu/0.8)	Mn/(0.8 * b * dx <sup>2</sup> )						
A	6.00	3.00	931.2	2.0	Mtx	83	6,956,064	8,695,080	0.9634	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mlx	41	3,436,128	4,295,160	0.4759	0.0012	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mly	12	1,005,696	1,257,120	0.1393	0.0003	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
B	3.00	1.75	931.2	1.7	Mtx	81	6,788,448	8,485,560	0.9402	0.0024	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mlx	38	3,184,704	3,980,880	0.4411	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mly	14	1,173,312	1,466,640	0.1625	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
C	4.00	3.25	931.2	1.2	Mtx	64	5,363,712	6,704,640	0.7429	0.0019	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mty	56	4,693,248	5,866,560	0.6500	0.0016	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mlx	28	2,346,624	2,933,280	0.3250	0.0008	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)
			931.2		Mly	20	1,676,160	2,095,200	0.2322	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ ( $A_s = 392.70$ mm)

Lampiran Tabel Design Penulangan Pelat pada Lantai 2

**PEMBEBANAN**

**Beban Hidup**

- Beban hidup (Ruang Pasien) =

$$q_L = \frac{300.00 \text{ Kg/m}^2}{300.00 \text{ Kg/m}^2}$$

**Beban Mati**

- Berat pelat ( $i = 12$ )	=	0.15	x	2400	Kg/m <sup>2</sup>	=	360.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Beban plafon+rangka	=	11	+	7	Kg/m <sup>2</sup>	=	18.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Plumbing + Ducting AC	=					=	25.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Tegel (1 cm)	=	1	x	24	Kg/m <sup>2</sup>	=	24.00 Kg/m <sup>2</sup> +
- Spesi (1 cm)	=	1	x	21	Kg/m <sup>2</sup>	=	21.00 Kg/m <sup>2</sup> +
						$q_D =$	448.00 Kg/m <sup>2</sup>

- Tebal plat = 150 mm
- Diameter tul. Rencana = 10 mm
- Tebal decking = 20 mm

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ Mpa} & \rho_{\min} &= 0.00350 \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} & \rho_{\max} &= 0.024 \\ t &= 120 \text{ mm} & m &= 15.686 \\ dx &= 125.0 \text{ mm} & qD &= 448.00 \text{ Kg/m}^2 \\ dy &= 115.0 \text{ mm} & qL &= 300.00 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$



TYPE PELAT	Ly	Lx	q <sub>ult</sub> (kg/m)	Ly/Lx	a	Mu (Nm)	Mn (Nm)	Rn (Mpa)	ρ perlu	ρ min	ρ pakai	As (mm <sup>2</sup> )	TULANGAN PAKAI ρ * b * dx	
						(0.001 * q <sub>ult</sub> * Lx <sup>2</sup> / a)	(Mu/0.8)	Mn/(0.8 * b * dx <sup>2</sup> )						
D	6.00	3.00	1,017.6	2.0	Mtx	83	7,601,472	9,501,840	1.0528	0.0027	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	57	5,220,288	6,525,360	0.7230	0.0018	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mtx	41	3,754,944	4,693,680	0.5201	0.0013	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	12	1,099,008	1,373,760	0.1522	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
E	4.00	3.00	1,017.6	1.3	Mtx	69	6,319,296	7,899,120	0.8752	0.0022	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	57	5,220,288	6,525,360	0.7230	0.0018	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mtx	31	2,839,104	3,548,880	0.3932	0.0010	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	19	1,740,096	2,175,120	0.2410	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
F	3.00	2.00	1,017.6	1.5	Mtx	76	6,960,384	8,700,480	0.9640	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	57	5,220,288	6,525,360	0.7230	0.0018	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mtx	36	3,297,024	4,121,280	0.4567	0.0012	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	17	1,556,928	1,946,160	0.2156	0.0005	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
G	3.00	1.50	1,017.6	2.0	Mtx	83	7,601,472	9,501,840	1.0528	0.0027	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	57	5,220,288	6,525,360	0.7230	0.0018	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mtx	41	3,754,944	4,693,680	0.5201	0.0013	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			1,017.6		Mty	12	1,099,008	1,373,760	0.1522	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)

### Lampiran Tabel Design Penulangan Plat pada Lantai 2

#### PEMBEBANAN

##### Beban Hidup

- Beban hidup (Ruang Pasien)

= 240.00 Kg/m<sup>2</sup>

##### Beban Mati

- Berat plat (t = 12)

= 0.12 x 2400 Kg/m<sup>3</sup> = 288.00 Kg/m<sup>2</sup>

- Beban plafon+rumka

= 11 + 7 Kg/m<sup>2</sup> = 18.00 Kg/m<sup>2</sup>

- Plumbung + Ducting AC

= 25.00 Kg/m<sup>2</sup>

- Tegel (1 cm)

= 1 x 24 Kg/m<sup>2</sup> = 24.00 Kg/m<sup>2</sup>+

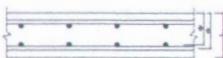
- Spesi (1 cm)

= 1 x 21 Kg/m<sup>2</sup> = 21.00 Kg/m<sup>2</sup>+

- Tebal plat = 120 mm

- Diameter tul. Rencana = 10 mm

- Tebal decking = 20 mm



$$fc' = 30 \text{ Mpa} \quad \rho \text{ min} = 0.00350$$

$$fy = 400 \text{ Mpa} \quad \rho \text{ max} = 0.024$$

$$t = 120 \text{ mm} \quad m = 15.686$$

$$dx = 95.0 \text{ mm} \quad qD = 376.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$dy = 85.0 \text{ mm} \quad qL = 250.00 \text{ Kg/m}^2$$

TYPE PELAT	Ly (m)	Lx (m)	q <sub>ab</sub> (kg/m)	Ly/Lx	a	Mu (Nmm)	Mn (Nmm)	Rn (Mpa)	ρ perlu	ρ min	ρ pakal	As (mm <sup>2</sup> )	TULANGAN PAKAI ρ * b * dx	
						(0.001 * q <sub>ab</sub> * Lx <sup>2</sup> * a)	(Mu/0.8)	Mn/(0.8 * b * dx <sup>2</sup> )						
H	3.00	3.00	851.2	1.0	Mtx	52	3,983,616	4,979,520	0.5517	0.0014	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mty	52	3,983,616	4,979,520	0.5517	0.0014	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mlx	21	1,608,768	2,010,960	0.2228	0.0006	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mly	21	1,608,768	2,010,960	0.2228	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
I	6.00	3.00	851.2	2.0	Mtx	83	6,358,464	7,948,080	0.8807	0.0022	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mty	57	4,366,656	5,458,320	0.6048	0.0015	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mlx	41	3,140,928	3,926,160	0.4350	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mly	12	919,296	1,149,120	0.1273	0.0003	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
J	4.50	3.00	851.2	1.5	Mtx	76	5,822,208	7,277,760	0.8064	0.0020	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mty	57	4,366,656	5,458,320	0.6048	0.0015	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mlx	31	2,374,848	2,968,560	0.3289	0.0008	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mly	19	1,455,552	1,819,440	0.2016	0.0005	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
K	6.00	1.50	851.2	4.0	Mtx	83	6,358,464	7,948,080	0.8807	0.0022	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mty	57	4,366,656	5,458,320	0.6048	0.0015	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mlx	42	3,217,536	4,021,920	0.4456	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			851.2		Mly	8	612,864	766,080	0.0849	0.0002	0.00350	0.00350	297.50	ϕ 10 - 200 (As = 392.70 mm)

Lampiran Tabel Design Penulangan Pelat pada Lantai 4 dan 6

**PEMBEBANAN**

**Beban Hidup**

- Beban hidup (Ruang Pasien)

$$= \frac{300.00 \text{ Kg/m}^2}{300.00 \text{ Kg/m}^2}$$

**Beban Mati**

- Berat pelat ( $t = 12$ )	=	0.12	x	2400	Kg/m <sup>3</sup>	=	288.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Beban pafon-rangka	=	11	+	7	Kg/m <sup>2</sup>	=	18.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Plumbung + Ducting AC	=					=	25.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Tegel (1 cm)	=	1	x	24	Kg/m <sup>2</sup>	=	24.00 Kg/m <sup>2</sup> +
- Spesi (1 cm)	=	1	x	21	Kg/m <sup>2</sup>	=	21.00 Kg/m <sup>2</sup> +
						$q_L =$	$\frac{300.00 \text{ Kg/m}^2}{300.00 \text{ Kg/m}^2}$

- Tebal plat = 120 mm

- Diameter tul. Rencana = 10 mm

- Tebal decking = 20 mm



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

$$\rho_{\min} = 0.00350$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\max} = 0.024$$

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

$$m = 15.886$$

$$dx = 95.0 \text{ mm}$$

$$qD = 376.00 \text{ Kg/m}^2$$

$$dy = 85.0 \text{ mm}$$

$$qL = 300.00 \text{ Kg/m}^2$$

TYPE PELAT	Ly	Lx	q_m (kg/m)	Ly/Lx	B		Mu (Nmm) (0.001 * q_m * Lx <sup>2</sup> * a)	Mn (Nmm) (Mu/0.8)	Ru (Mpa) Mn/(0.8*b*dx <sup>2</sup> )	$\rho$ perlu	$\rho$ min	$\rho$ pakal	As ( mm <sup>2</sup> ) $\rho * b * dx$	TULANGAN PAKAI				
A	6.00	3.00	931.2	2.0	Mtx	83	6,956,064	8,695,080	0.9634	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mtx	41	3,436,128	4,295,160	0.4759	0.0012	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	12	1,005,696	1,257,120	0.1393	0.0003	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
B	3.00	1.75	931.2	1.7	Mtx	81	6,788,448	8,485,560	0.9402	0.0024	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mtx	38	3,184,704	3,980,880	0.4411	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	14	1,173,312	1,466,640	0.1625	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
C	4.00	3.25	931.2	1.2	Mtx	64	5,363,712	6,704,640	0.7429	0.0019	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	56	4,693,248	5,866,560	0.6500	0.0016	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mtx	28	2,346,624	2,933,280	0.3250	0.0008	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	20	1,676,160	2,095,200	0.2322	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
G	3.00	1.50	931.2	2.0	Mtx	81	6,788,448	8,485,560	0.9402	0.0024	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mtx	38	3,184,704	3,980,880	0.4411	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	14	1,173,312	1,466,640	0.1625	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
H	3.00	3.00	931.2	1.0	Mtx	64	5,363,712	6,704,640	0.7429	0.0019	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	56	4,693,248	5,866,560	0.6500	0.0016	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mtx	28	2,346,624	2,933,280	0.3250	0.0008	0.00350	0.00350	332.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				
			931.2		Mfy	20	1,676,160	2,095,200	0.2322	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	$\phi 10 - 200$ (Aa = 392.70 mm)				

**Lampiran Tabel Design Penulangan Pelat pada Lantai 3,5,7 dan 8**

**PEMBEBANAN**

**Beban Hidup**

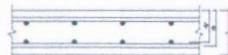
- Beban hidup (Ruang Pasten) = 300.00 Kg/m<sup>2</sup>

**Beban Mati**

- Berat pelat ( $t = 12$ )	=	0.12	x	2400	Kg/m <sup>3</sup>	=	288.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Beban plafon+rangka	=	11	+	7	Kg/m <sup>2</sup>	=	18.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Plumbung + Ducting AC	=					=	25.00 Kg/m <sup>2</sup>
- Tegel (1 cm)	=	1	x	24	Kg/m <sup>2</sup>	=	24.00 Kg/m <sup>2</sup> +
- Spesi (1 cm)	=	1	x	21	Kg/m <sup>2</sup>	=	21.00 Kg/m <sup>2</sup> +
						qd =	376.00 Kg/m <sup>2</sup>

- Tebal plat = 120 mm
- Diameter tul. Rencana = 10 mm
- Tebal decking = 20 mm

$$\begin{aligned}
 f'_c &= 30 \text{ Mpa} & \rho_{\min} &= 0.00350 \\
 f_y &= 400 \text{ Mpa} & \rho_{\max} &= 0.024 \\
 t &= 120 \text{ mm} & m &= 15.896 \\
 dx &= 95.0 \text{ mm} & qD &= 376.00 \text{ Kg/m}^2 \\
 dy &= 85.0 \text{ mm} & qL &= 300.00 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$



TYPE PELAT	Ly	Lx (m)	q <sub>ab</sub> (kg/m)	Ly/Lx	a	M <sub>u</sub> (Nmm)	M <sub>a</sub> (Nmm)	R <sub>b</sub> (Mpa)	ρ perlu	ρ min	ρ pakai	As (mm <sup>2</sup> )	TULANGAN PAKAI	
						(0.001 * q <sub>ab</sub> * L <sup>2</sup> * a)	(Mu/0,8)	Mn/(0,8 * b <sup>3</sup> * dx <sup>2</sup> )	ρ * b * dx					
A	6.00	3.00	931.2	2.0	Mtx	83	6,956,064	8,695,080	0.9634	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mlx	41	3,436,128	4,295,160	0.4759	0.0012	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mly	12	1,005,696	1,257,120	0.1393	0.0003	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
B	3.00	1.75	931.2	1.7	Mtx	81	6,788,448	8,485,560	0.9402	0.0024	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mlx	38	3,184,704	3,980,880	0.4411	0.0011	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mly	14	1,173,312	1,466,640	0.1625	0.0004	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
C	4.00	3.25	931.2	1.2	Mtx	64	5,363,712	6,704,640	0.7429	0.0019	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mty	56	4,693,248	5,866,560	0.6500	0.0016	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mlx	28	2,346,624	2,933,280	0.3250	0.0008	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mly	20	1,676,160	2,095,200	0.2322	0.0006	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
G	3.00	1.50	931.2	2.0	Mtx	83	6,956,064	8,695,080	0.9634	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mlx	41	3,436,128	4,295,160	0.4759	0.0012	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mly	12	1,005,696	1,257,120	0.1393	0.0003	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
H	3.00	3.00	931.2	1.0	Mtx	83	6,956,064	8,695,080	0.9634	0.0025	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mty	57	4,777,056	5,971,320	0.6616	0.0017	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mlx	72	6,034,176	7,542,720	0.8358	0.0021	0.00350	0.00350	332.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)
			931.2		Mly	8	670,464	838,080	0.0929	0.0002	0.00350	0.00350	297.50	∅ 10 - 200 (As = 392.70 mm)

## PEMBEBANAN

Beban Hidup

- Beban hidup (Ruang Pasien)

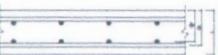
$$\begin{aligned} &= \frac{100.00 \text{ Kg/m}^2}{Q_L = 100.00 \text{ Kg/m}^2} \\ &= \end{aligned}$$

Beban Mati

- Berat pelat ( $t = 12$ )	=	0.1	x	2400	Kg/m <sup>3</sup>	=	240.00 Kg/m <sup>3</sup>
- Beban plafon-rangka	=	11	+	7	Kg/m <sup>3</sup>	=	18.00 Kg/m <sup>3</sup>
- Plumbing + Ducting AC	=					=	25.00 Kg/m <sup>3</sup>
- Aspal (1 cm)	=	1	x	14	Kg/m <sup>3</sup>	=	14.00 Kg/m <sup>3</sup> +
- Spesi (1 cm)	=	1	x	21	Kg/m <sup>3</sup>	=	21.00 Kg/m <sup>3</sup> +
							$Q_L = 318.00 \text{ Kg/m}^2$

- Tebal plat
- Diameter tul. Rencana
- Tebal decking

$$\begin{aligned} f'_c &= 30 \text{ Mpa} & \rho_{\min} &= 0.00350 \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} & \rho_{\max} &= 0.024 \\ t &= 120 \text{ mm} & m &= 15.686 \\ dx &= 75.0 \text{ mm} & q_D &= 318.00 \text{ Kg/m}^2 \\ dy &= 65.0 \text{ mm} & q_L &= 100.00 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$



TYPE PELAT	Ly	Lx (m)	q <sub>st</sub> (kg/m)	Ly/Lx	a	Mu (Nmm)	Mn (Nmm)	Rn (Mpa)	$\rho_{\text{perlu}}$	$\rho_{\min}$	$\rho_{\text{paku}}$	As (mm <sup>2</sup> )	TULANGAN PAKAI $\rho^* b^* dx$	
						(0.001 * q <sub>st</sub> * Lx <sup>2</sup> * a)	(Mu/0.8)	Mn/(0.8 * b * dx <sup>2</sup> )						
I	6.00	3.00	541.6	2.0	Mtx	83	4,045,752	5,057,190	0.5604	0.0014	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	57	2,778,408	3,473,010	0.3848	0.0010	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	41	1,998,504	2,498,130	0.2768	0.0007	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	12	584,928	731,160	0.0810	0.0002	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
L	3.00	1.75	541.6	1.7	Mtx	81	3,948,264	4,935,330	0.5469	0.0014	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	57	2,778,408	3,473,010	0.3848	0.0010	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	38	1,852,272	2,315,340	0.2565	0.0006	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	14	682,416	853,020	0.0945	0.0002	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
M	4.00	3.25	541.6	1.2	Mtx	64	3,119,616	3,899,520	0.4321	0.0011	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	56	2,729,664	3,412,080	0.3781	0.0010	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	28	1,364,832	1,706,000	0.1890	0.0005	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	20	974,880	1,218,600	0.1350	0.0003	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
N	3.00	1.50	541.6	2.0	Mtx	83	4,045,752	5,057,190	0.5604	0.0014	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	57	2,778,408	3,473,010	0.3848	0.0010	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	41	1,998,504	2,498,130	0.2768	0.0007	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	12	584,928	731,160	0.0810	0.0002	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
O	3.00	3.00	541.6	1.0	Mtx	52	2,534,688	3,168,360	0.3511	0.0009	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	52	2,534,688	3,168,360	0.3511	0.0009	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	21	1,023,624	1,279,530	0.1418	0.0004	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	21	1,023,624	1,279,530	0.1418	0.0004	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
P	3.00	3.00	541.6	1.0	Mtx	52	2,534,688	3,168,360	0.3511	0.0009	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mty	52	2,534,688	3,168,360	0.3511	0.0009	0.00350	0.00350	262.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mix	21	1,023,624	1,279,530	0.1418	0.0004	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)
			541.6		Mly	21	1,023,624	1,279,530	0.1418	0.0004	0.00350	0.00350	227.50	∅ 10 - 300 (As = 261.80 mm)

Vertical Elevator

Hannay 2013

# SIGMA Elevator

D SERIES - MID RISE



**Formerly LG Elevator**  
of LG Industrial Systems Co., Ltd

## PLANNING GUIDE FOR DIMENSIONS

# Di1 (60 m/min)

### # Standard

Speed (m/min)	Capacity		Car Size		Dimensions In Hoistway					Hoistway Size				Machine Room Size				Machine Room Reaction Load(kg)		Pt Reaction Load(kg)		
	Person	Load (kg)	Entrance Opening (mm)		Inside		Outside		AH	BH	AH	BH	AH	BH	AH	BH	R1	R2	R3	R4		
			AH + BH	AS + BS	A/A'	B/B'	S															
60	6	450	800	1400 × 850	1450 × 1015	175	320	150	1800	1450	3750	1450	2100	3200	4100	3200	3600	2900	4200	3700		
	8	550	800	1400 × 1030	1450 × 1195	175	320	150	1800	1630	3750	1630	2100	3400	4100	3400	4050	2500	4700	3600		
	9	600	800	1400 × 1100	1450 × 1265	175	320	150	1800	1700	3750	1700	2100	3600	4100	3500	4100	2500	4900	4000		
	10	680	800	1400 × 1250	1450 × 1415	175	320	150	1800	1850	3750	1850	2100	3630	4100	3630	4200	2800	5300	4400		
	11	750	800	1400 × 1330	1450 × 1515	175	320	150	1800	1950	3750	1950	2100	3900	4100	3750	4300	2500	5600	4500		
	13	900	900	1400 × 1350	1450 × 1515	175	320	150	2000	1950	4150	1950	2300	3750	4300	4100	3750	4250	2500	5700	5000	
	15	1000	900	1400 × 1360	1450 × 1665	175	320	150	2000	2050	4150	2050	2300	3750	4300	4000	3750	4250	2500	5700	5000	
	17	1150	1000	1800 × 1300	1850 × 1685	255	400	150	2500	2500	3750	1950	2200	3750	4300	4000	3750	4250	2500	5700	5000	
	20	1350	1100	2000 × 1350	2050 × 1835	255	400	150	2600	2200	3750	2200	2800	4200	4000	3750	4250	1800	4000	3750	4200	
	24	1600	1100	+ 2000 × 1750	2050 × 1935	255	400	150	2600	2450	3750	2450	2900	4250	5000	4250	4250	1825	3750	12700	12200	

### # Malaysia, Singapore

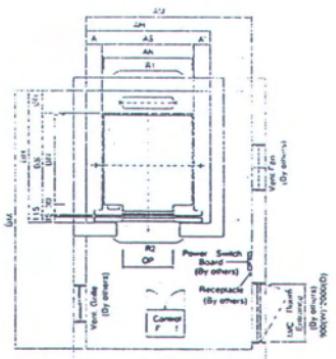
Speed (m/min)	Capacity		Car Size		Dimensions In Hoistway					Hoistway Size				Machine Room Size				Machine Room Reaction Load(kg)		Pt Reaction Load(kg)	
	Person	Load (kg)	Entrance Opening (mm)		Inside		Outside		AH	BH	AH	BH	AH	BH	AH	BH	R1	R2	R3	R4	
			AH + BH	AS + BS	A/A'	B/B'	S														
60	6	450	800	1400 × 820	1450 × 985	175	320	150	1800	1420	3750	1420	2100	3170	4100	3170	3600	2000	4200	3700	
	8	550	800	1400 × 1030	1450 × 1195	175	320	150	1800	1630	3750	1630	2100	3400	4100	3400	4050	2500	4700	3600	
	9	610	800	1400 × 1150	1450 × 1315	175	320	150	1800	1750	3750	1750	2100	3500	4100	3500	4100	2500	4900	4000	
	10	680	800	1400 × 1250	1450 × 1415	175	320	150	1800	1850	3750	1850	2100	3650	4100	3650	4200	2800	5200	4400	
	11	750	800	1400 × 1330	1450 × 1515	175	320	150	1800	1950	3750	1950	2100	3750	4100	3750	4300	2500	5500	4900	
	13	900	900	1600 × 1350	1650 × 1515	175	320	150	2000	1950	4150	1950	2300	3750	4500	3750	5100	3600	7100	5700	
	15	1020	900	1600 × 1550	1650 × 1715	175	320	150	2000	2150	4150	2150	2300	3950	4500	3950	5450	4300	7300	6000	
	17	1155	1100	2000 × 1350	2050 × 1515	255	400	150	2400	2200	3750	2200	2700	4000	5200	4000	8000	5200	9500	7800	
	20	1360	1100	1000 × 1750	1050 × 1935	255	400	150	2600	2050	3530	2050	2900	3850	5700	3850	6000	5200	9500	7800	
	23	1565	1100	1000 × 1750	1050 × 1935	255	400	150	2600	2450	4500	2450	2900	4250	5700	4250	10200	7000	12700	10200	

### # EN Code

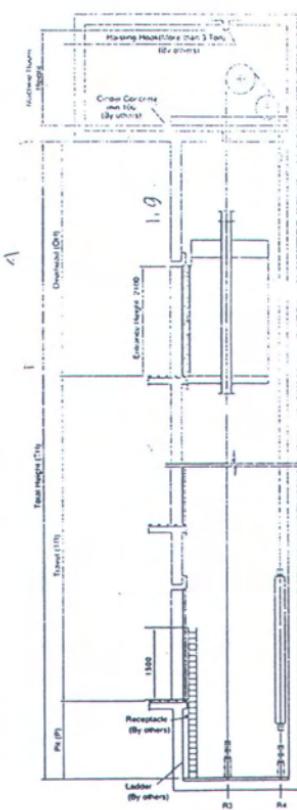
Speed (m/min)	Capacity		Car Size		Dimensions In Hoistway					Hoistway Size				Machine Room Size				Machine Room Reaction Load(kg)		Pt Reaction Load(kg)	
	Person	Load (kg)	Entrance Opening (mm)		Inside		Outside		AH	BH	AH	BH	AH	BH	AH	BH	R1	R2	R3	R4	
			AH + BH	AS + BS	A/A'	B/B'	S														
60	6	450	800	1400 × 850	1450 × 1015	175	320	150	1800	1450	3750	1450	2100	3200	4100	3200	3600	2000	4200	3700	
	7	525	800	1400 × 1030	1450 × 1195	175	320	150	1800	1630	3750	1630	2100	3400	4100	3400	4050	2500	4700	3600	
	8	600	800	1400 × 1100	1450 × 1265	175	320	150	1800	1700	3750	1700	2100	3600	4100	3500	4100	2500	4900	4000	
	9	675	800	1400 × 1250	1450 × 1415	175	320	150	1800	1850	3750	1850	2100	3650	4100	3650	4200	2800	5300	4400	
	10	800	800	1400 × 1350	1450 × 1515	175	320	150	1800	1950	3750	1950	2100	3750	4100	3750	4500	2500	5600	4500	
	12	900	900	1600 × 1350	1650 × 1515	175	320	150	2000	1950	4150	1950	2300	3750	4500	3750	5100	3600	7100	5700	
	13	1000	900	1600 × 1550	1650 × 1665	175	320	150	2000	2100	4150	2100	2300	3900	4500	3900	5450	4300	7300	6000	
	16	1200	1000	1800 × 1750	1850 × 1935	255	400	150	2400	2200	3750	2200	2700	4000	5300	4000	8000	5200	12500	7800	
	18	1360	1000	1800 × 1700	1850 × 1865	255	400	150	2400	2400	4650	2400	2700	4200	5300	4200	8900	6000	12800	8800	
	21	1600	1100	2000 × 1750	2050 × 1935	255	400	150	2600	2450	3530	2450	2900	4250	5800	4250	10200	7000	12700	10200	

## PASSENGER ELEVATOR LAYOUTS

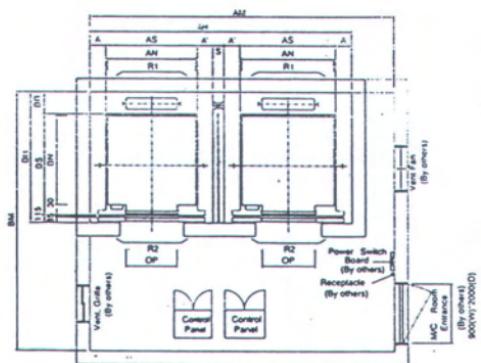
### Dit (60,90 & 105 m/min) Hoistway & Machine Room Plan(Simplex)



### Hoistway Section



### Hoistway & Machine Room Plan(Duplex)



#### Note

- 1) \* (Separator Beams) : By Others
- 2) Unit : mm

**PRECAST PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILE**  
**STANDARD SPECIFICATION**

Dimension Outer Diameter (mm)	Type of pile	Length of pile (mm)	Concrete Area (cm <sup>2</sup> )	Bending Moment		Nominal Weight (kg/m)	Axial Compression Load		Effective Prestress (kg/cm <sup>2</sup> )
				Crack	Nominal		Allowable (t)	Nominal (t)	
$\Phi$ 350	65	6 ~ 16	582	3.71	4.83	151.30	86.80	267	41.95
				4.35	6.90		85.70	257	58.01
				5.50	9.66		81.90	246	77.84
				6.13	13.25		77.30	232	101.16
$\Phi$ 400	75	6 ~ 18	766	5.76	7.89	199.10	116.00	351	45.25
				6.24	9.47		113.90	344	53.41
				7.89	15.14		107.00	321	80.63
				9.54	21.30		100.20	301	106.67
450	80	6 ~ 18	929	7.41	8.87	241.80	143.20	429	37.81
				8.52	12.42		138.90	417	51.51
				10.74	19.88		130.80	392	77.93
				12.97	27.95		122.90	369	103.33
$\Phi$ 500	90	6 ~ 18	1159	11.64	13.80	301.40	176.70	530	42.54
				12.88	17.75		172.40	517	53.66
				16.08	28.40		161.60	485	81.63
				19.33	39.93		151.10	453	108.04
$\Phi$ 600	100	6 ~ 18	1571	17.45	21.30	408.40	240.70	722	40.11
				19.72	28.40		234.30	703	52.21
				24.89	45.43		220.40	661	78.92
				30.06	63.83		207.00	621	104.55

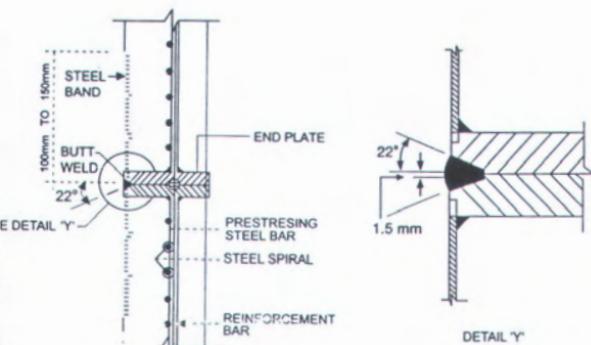
Notes:

Concrete compressive strength at 28 days is 600 kg/cm<sup>2</sup> (Cube test).

Pile generally comply to JIS A 5335 -1985.

The calculation of nominal bending moment is based on formula taken from PCI Design Handbook, 5<sup>th</sup> edition.

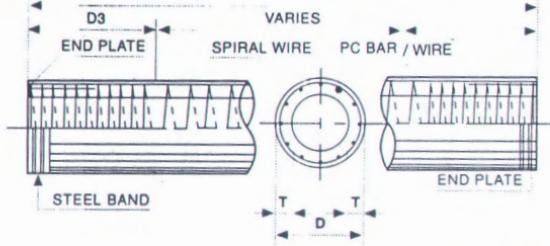
### WELDED JOINT DETAILS



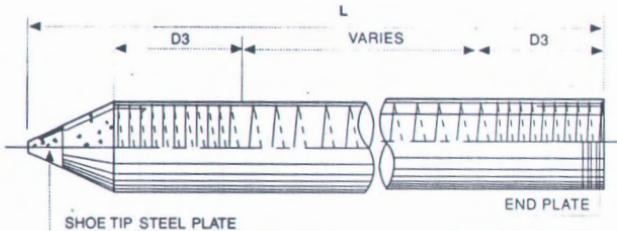
DETAILS OF JOINT

# SPUN PILE

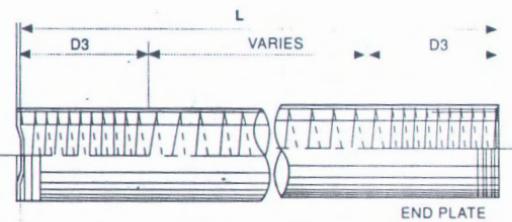
## REINFORCEMENT DETAILS



UPPER / MIDDLE PILE  
NTS



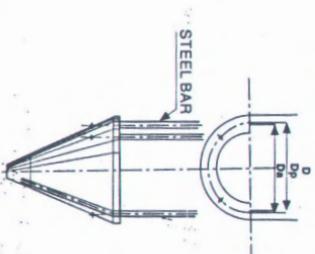
LOWER PILE ( PENCIL SHOE)  
NTS

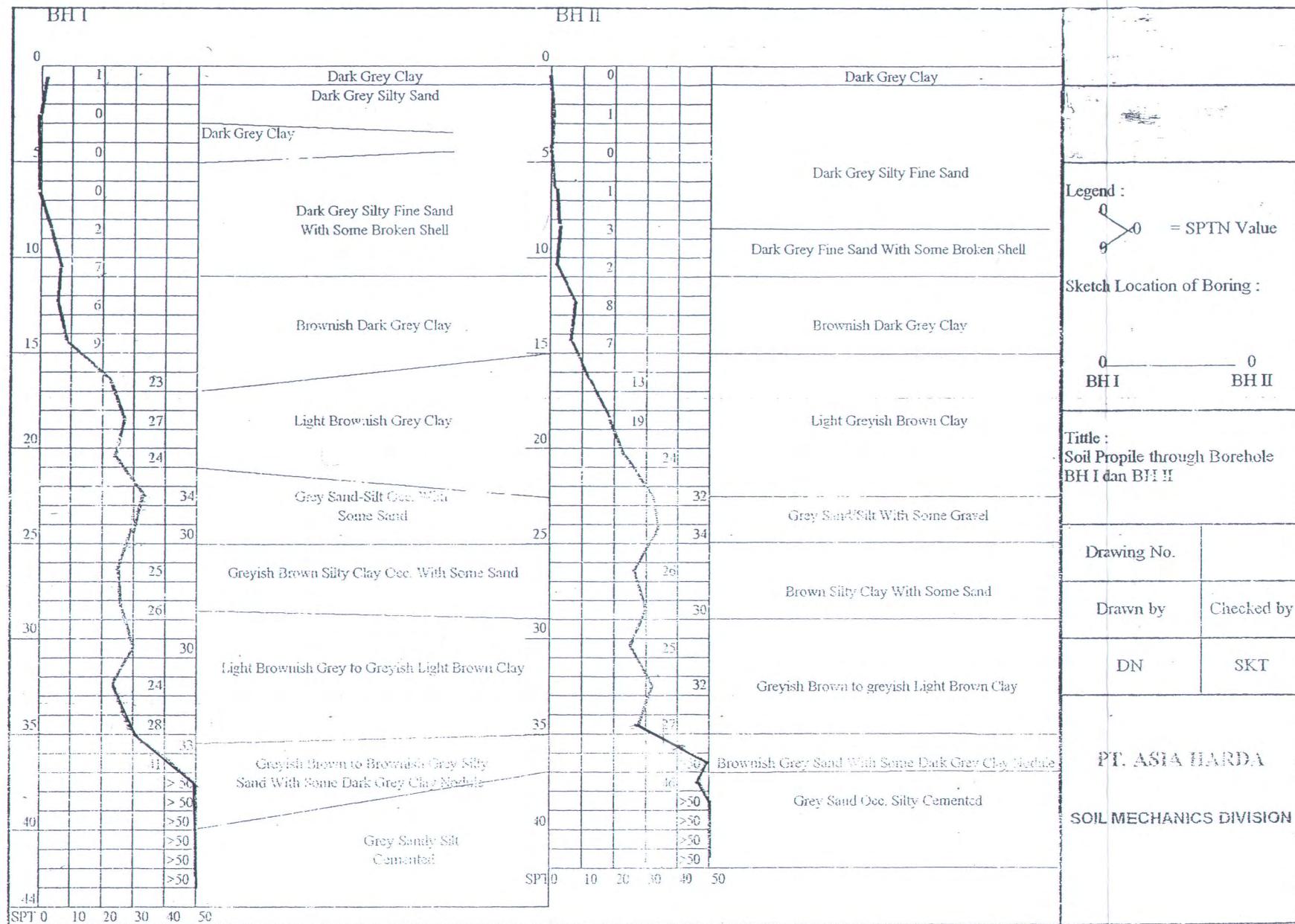


LC ER PILE ( MAMIRA SHOE)  
NTS

Dia (mm)	D <sub>p</sub> (mm)	D <sub>a</sub> (mm)	Shoe Attachement		
			t (mm)	h (mm)	s (mm)
350	290	280	3	130	86
400	330	320	3	130	86
450	380	370	3	130	86
500	420	410	3	130	86
600	500	3	130	86	86

PC PILE PENCIL SHOE







**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **GAMBAR HASIL DESAIN**



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMBULUH KONEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANFAH Ir.Dip.tHE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

TAMPAK DEPAN	1 : 200
--------------	---------

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

ARS	01	24
-----	----	----



TAMPAK DEPAN

SKALA 1 : 200



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENKUL MOLEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI



DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir. Dipn.H

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

TAMPAK BELAKANG 1 : 200

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

ARS	02	24
-----	----	----



TAMPAK BELAKANG  
SKALA 1 : 200



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUH MONON KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dip.HE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR SKALA

TAMPAK SAMPING 1 : 200

KODE GBR NO LBR JMLH LBR

ARS 03 24



TAMPAK SAMPING KIRI  
SKALA 1 : 200



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUNG Khusus  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

#### REVISI

#### DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl. HE

#### DIGAMBAR

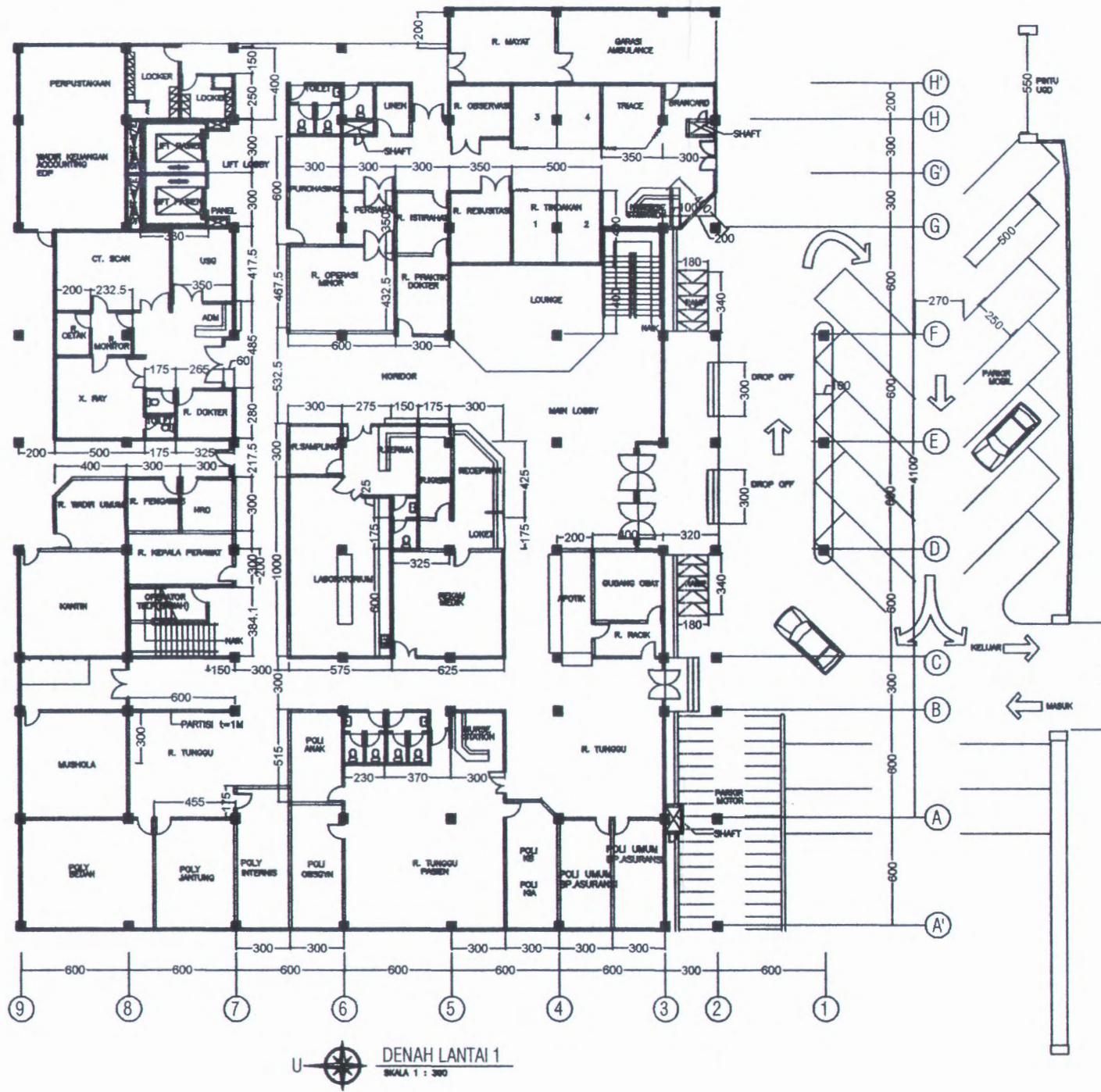
YULIKO EKO PRASETYO

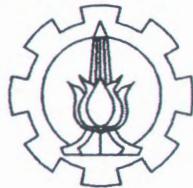
GAMBAR	SKALA
--------	-------

DENAH LANTAI 1 1 : 300

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

ARS	04	24
-----	----	----





SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUNG Khusus  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOKSEN PEMBIMBING

UDINAN HANDFAH Ir.Dip.LHE

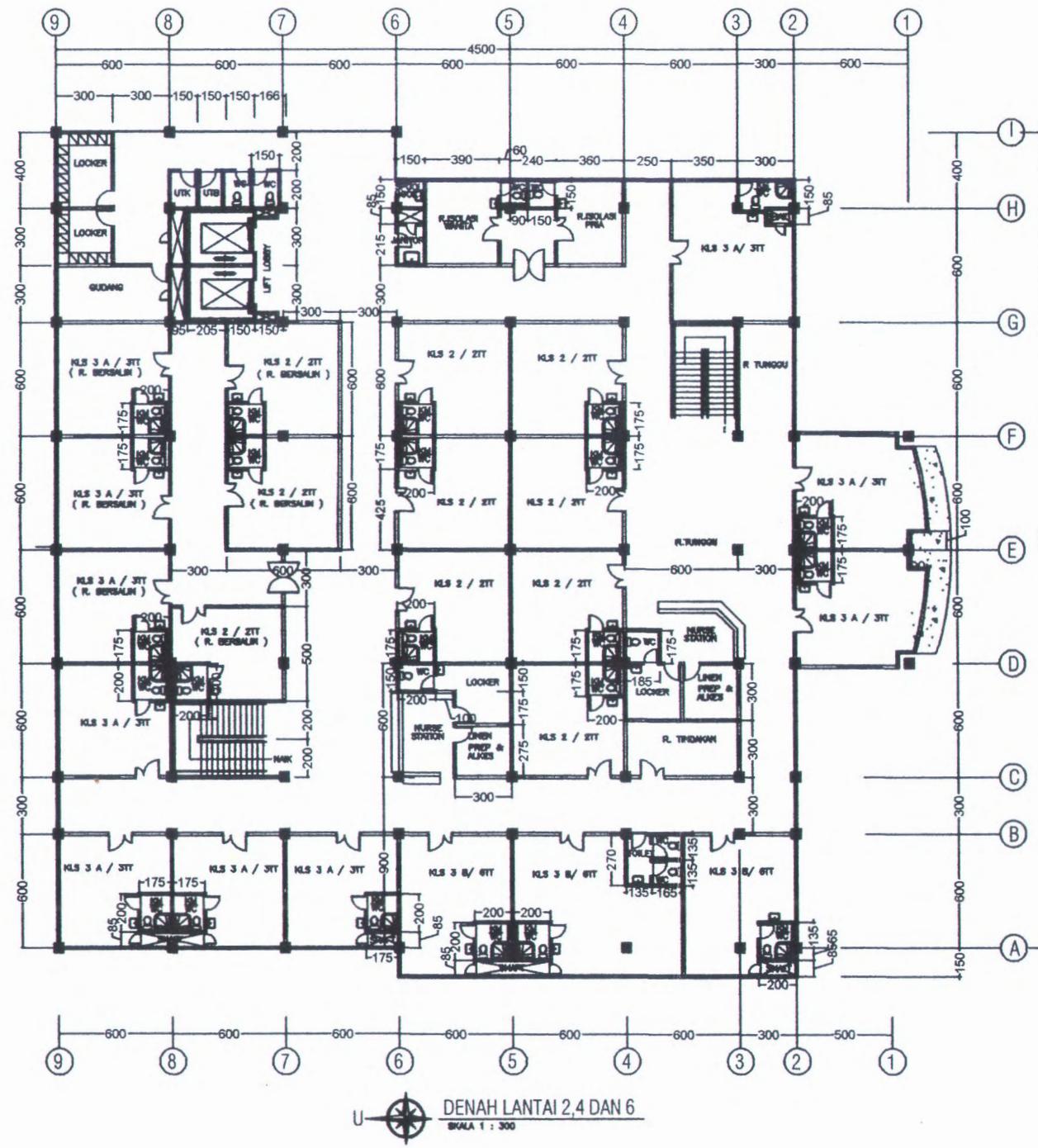
DIGAMBAR

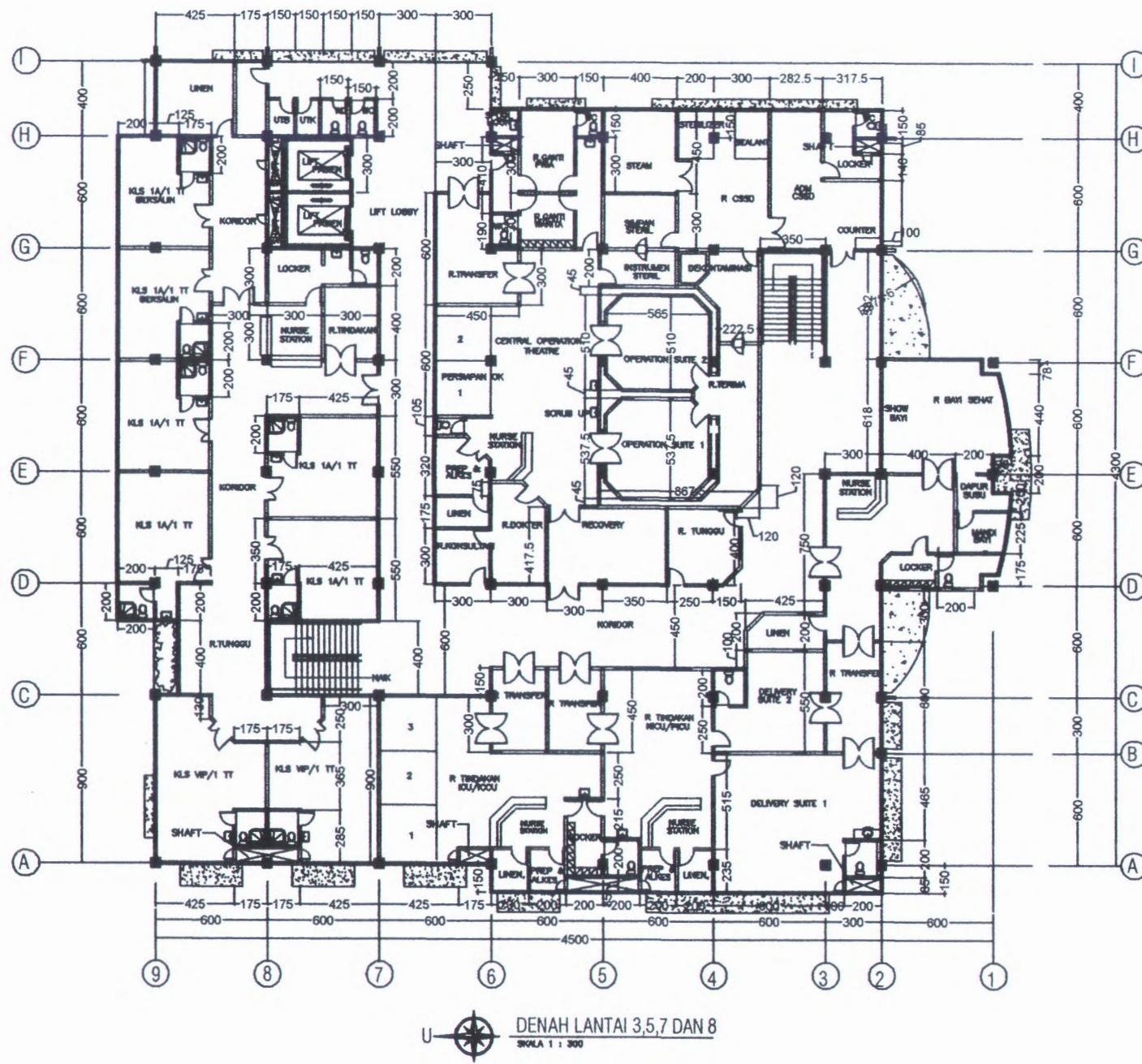
YULIKO EKO PRASetyo

GAMBAR	SKALA
--------	-------

DENAH LANTAI 2,4 DAN 6 1 : 300

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
ARS	05	24





S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL NOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Tr.Dok.HF

DIGAMBAR

YUNIKO EKO PRASetya

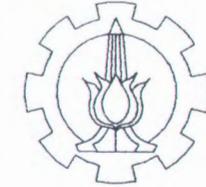
GAMBAR SKALA

DENAH LANTAI 3,5,7 DAN 8 | 1 : 3

For more information about the study, please contact Dr. Michael J. Hwang at (319) 356-4000 or email at [mhwang@uiowa.edu](mailto:mhwang@uiowa.edu).

KODE GBR NO LBR JMLH LBR

ARS | 06 | 24



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUH MONOLITIK KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

#### REVISI

#### DOSEN PEMBIMBING

UDINAH HANIFAH Ir.Dipl.HE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

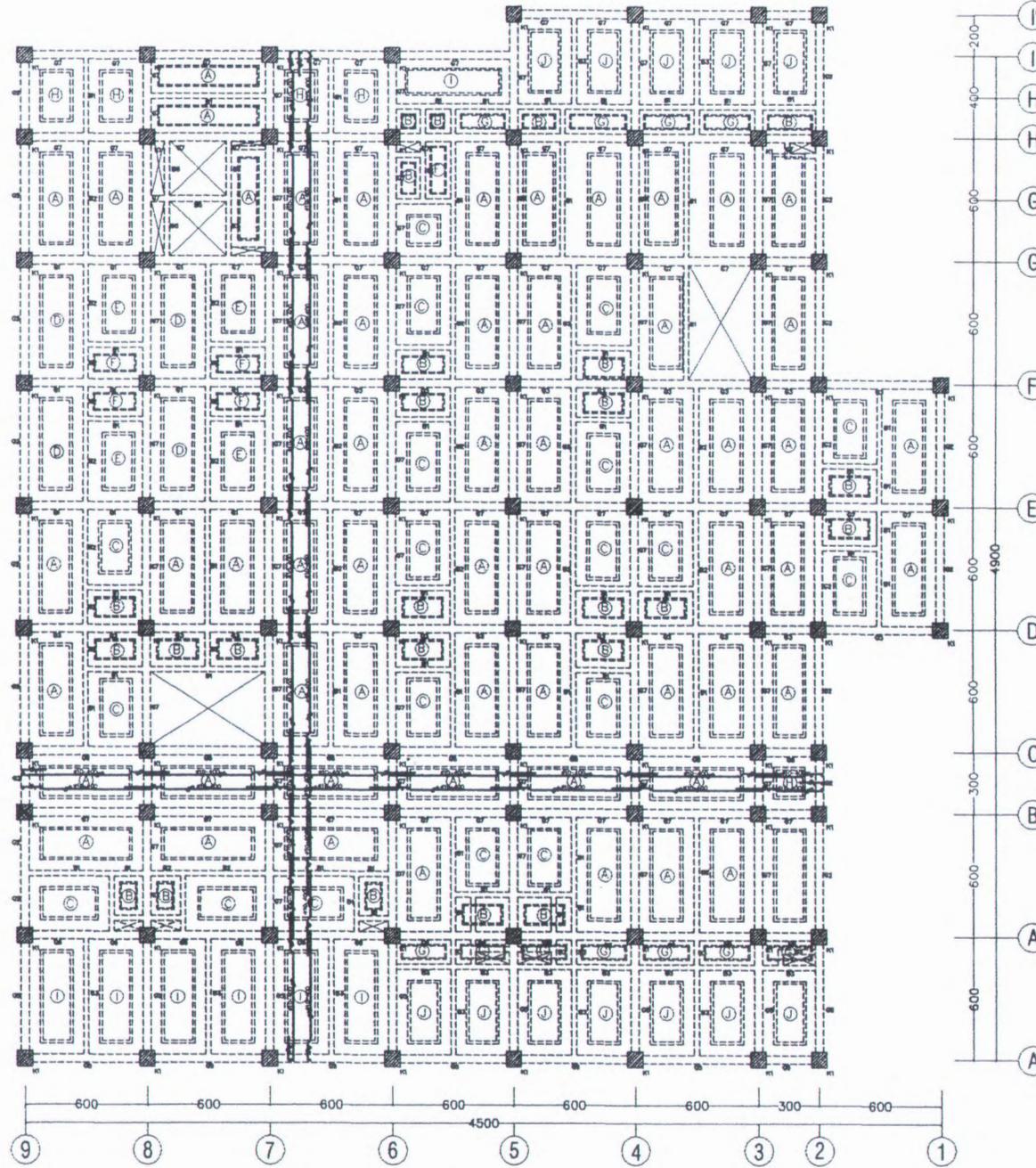
#### GAMBAR SKALA

PENULANGAN PLAT LANTAI,  
DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2

1 : 300

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR	07	24
-----	----	----

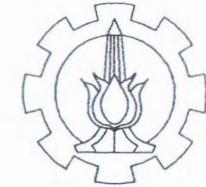


PENULANGAN PLAT, DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 2

Skala 1 : 300

TYPE	Tebal Plat	Lx	Ly	Tulangan Arah X		Tulangan Arah Y		Tulangan Susut	
				#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
A	12 cm	300 cm	600 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
B	12 cm	175 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
C	12 cm	325 cm	400 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
D	15 cm	300 cm	600 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#10-250	#10-250
E	15 cm	300 cm	400 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#10-250	#10-250
F	15 cm	200 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#10-250	#10-250
G	12 cm	150 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
H	12 cm	300 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#10-200	#10-200	#8-200	#8-200
I	10 cm	300 cm	600 cm	#10-300	#10-300	#10-300	#10-300	#8-250	#8-250
J	10 cm	300 cm	450 cm	#10-300	#10-300	#10-300	#10-300	#8-250	#8-250
K	10 cm	150 cm	600 cm	#10-300	#10-300	#10-300	#10-300	#8-250	#8-250

= LUBANG SHAFT



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUH MONON KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSSEN PEMBIMBING

UDHAH HANIFAH Ir.Dip.LHE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASetyo

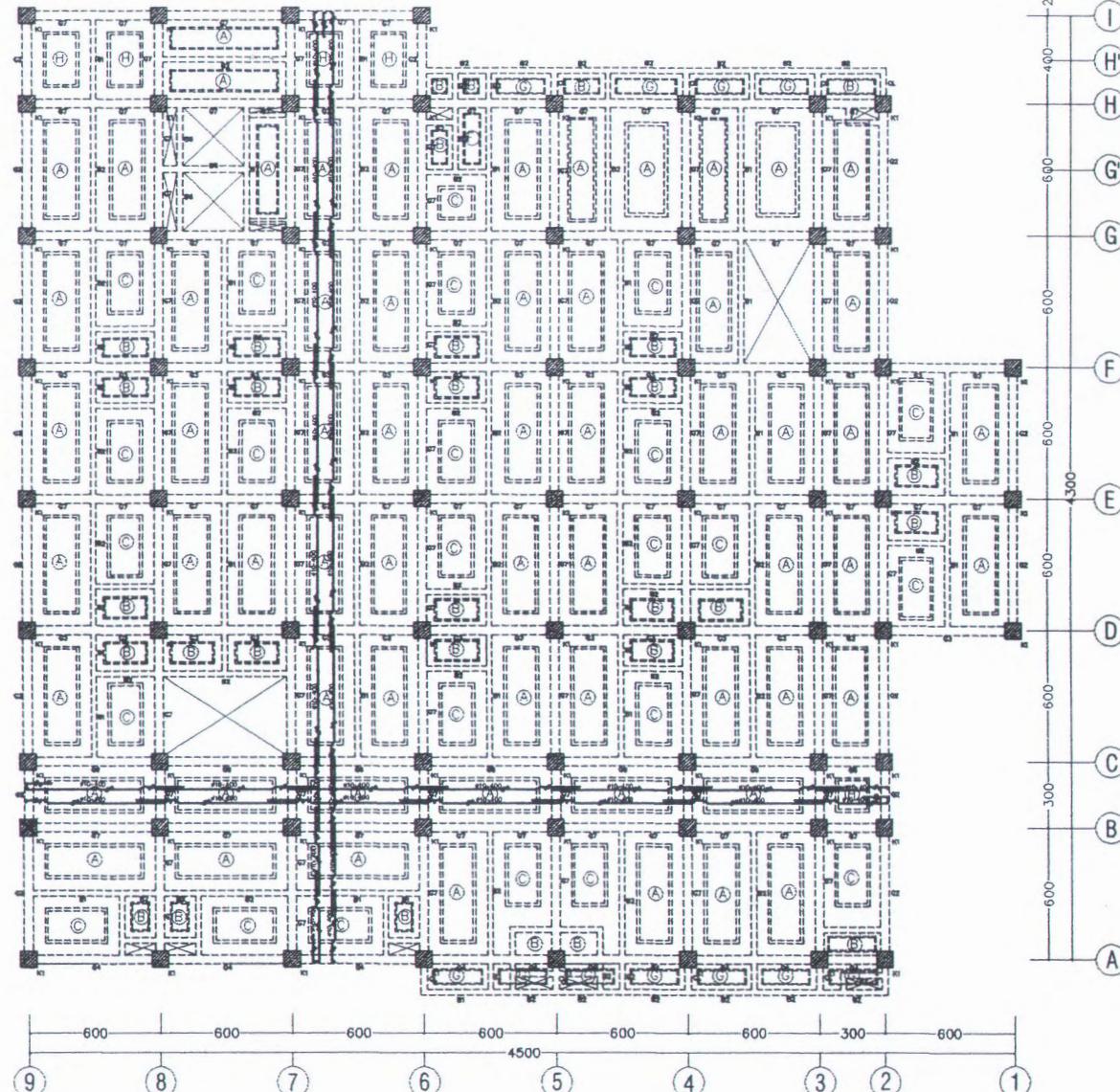
GAMBAR	SKALA
--------	-------

PENULANGAN PLAT,DENAH  
BALOK,KOLOM LANTAI 4 DAN 6

1 : 300

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR 08 24



PENULANGAN PLAT, DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 4 DAN 6  
Skala 1 : 300

TYPE	Tebol Plat	Lx	Lz	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y	Tulangan Susut
A	12 cm	300 cm	600 cm	#10-200	#10-200	#8-200
B	12 cm	175 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#8-200
C	12 cm	325 cm	400 cm	#10-200	#10-200	#8-200
G	12 cm	150 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#8-200
H	12 cm	300 cm	300 cm	#10-200	#10-200	#8-200

= LUBANG SHAFT



S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDKA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMOKUL NOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.Eng

DIGAMBAR

YULIKO EXO PRASetyo

GAMBAR

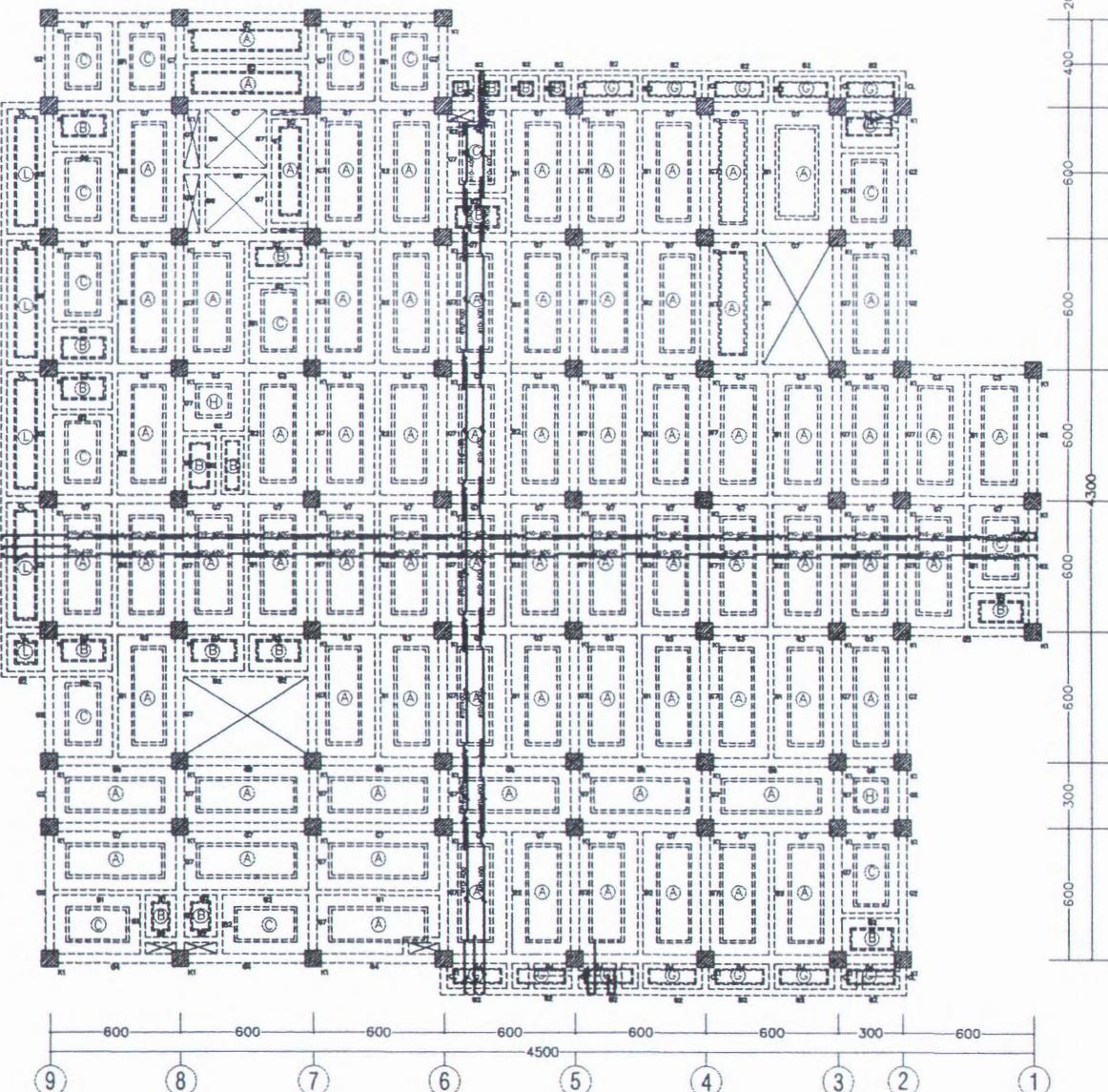
SKALA

PENULANGAN PLAT, DENAH  
BALOK, KOLOM LANTAI 3,5,7  
DAN 8

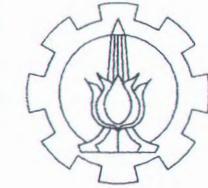
1 : 300

KODE GBR NO LBR JMLH LBR

STR 09 24



PENULANGAN PLAT, DENAH BALOK DAN KOLOM LANTAI 3,5,7 DAN 8  
Skala 1 : 300



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PENDUKUH MONEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

#### REVISI

#### DOSEN PEMBIMBING

UDMAN MANIFAH Ir.Dip.LHE

#### DIGAMBAR

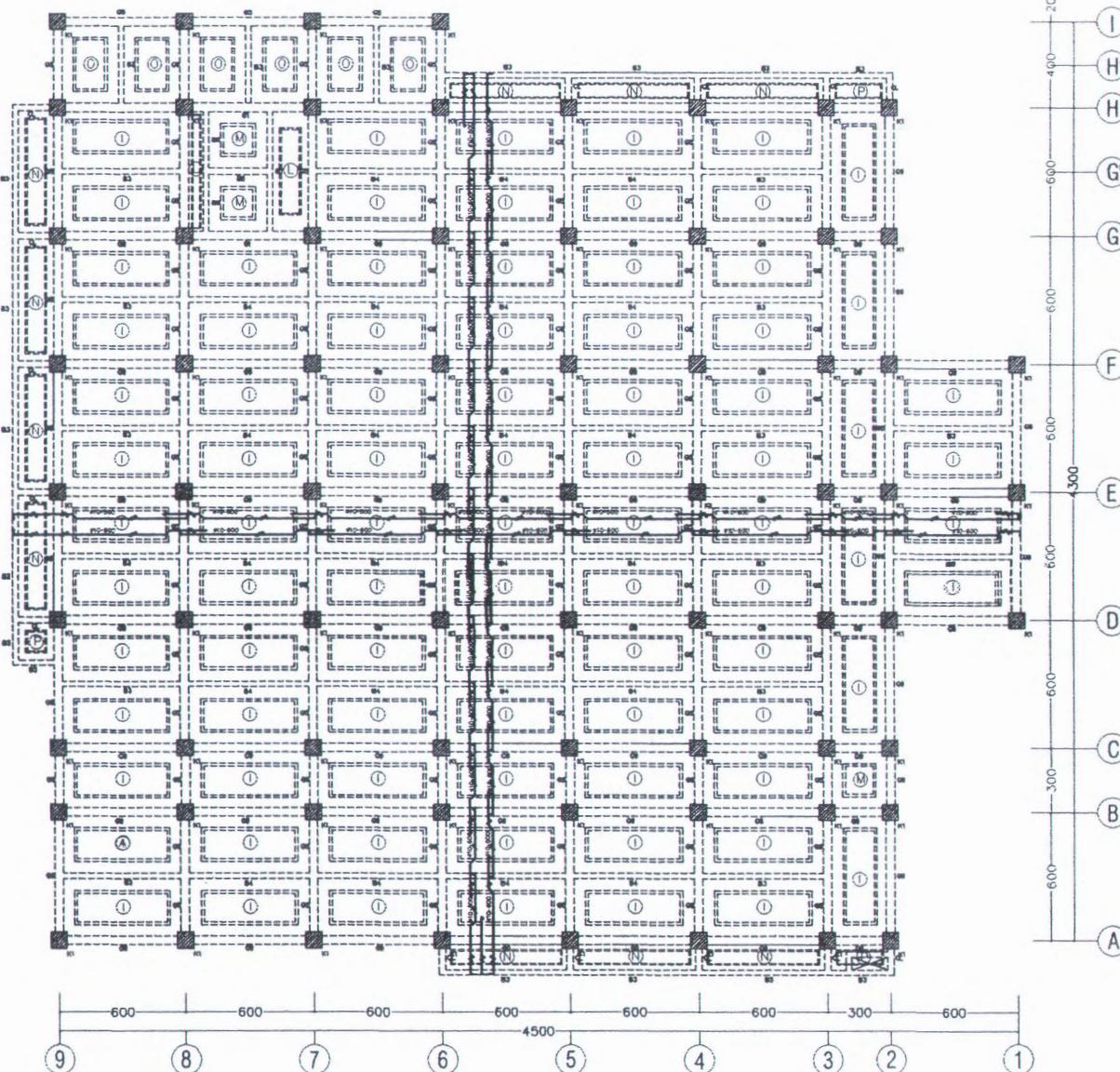
YULIKO EKO PRASetyo

GAMBAR SKALA

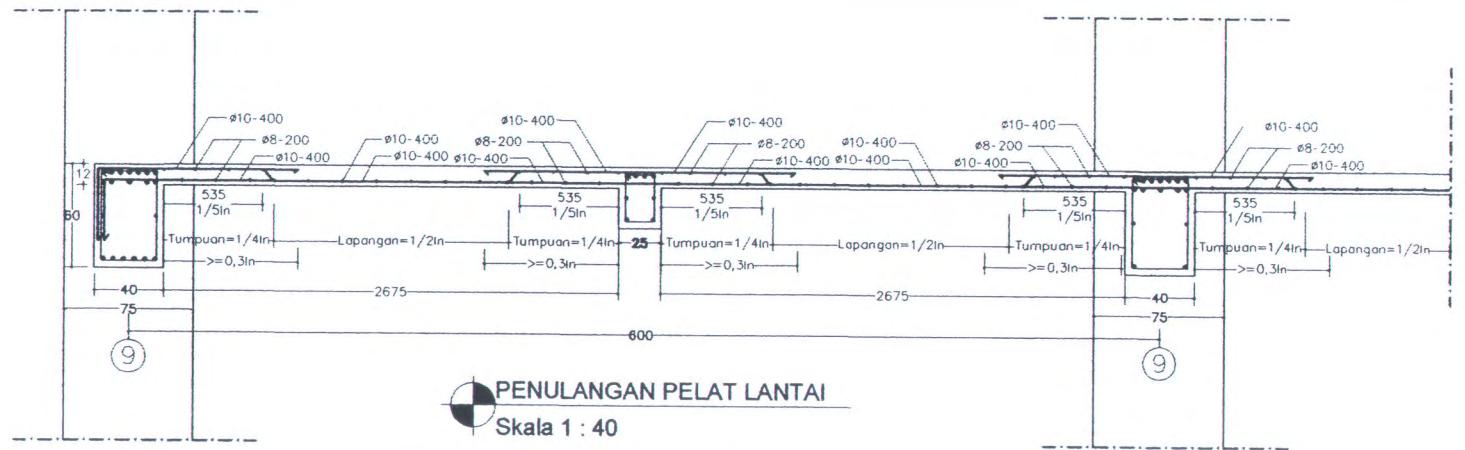
PENULANGAN PLAT, BALOK,  
KOLON ATAP 1 : 300

KODE GBR NO LBR JMLH LBR

STR 10 24

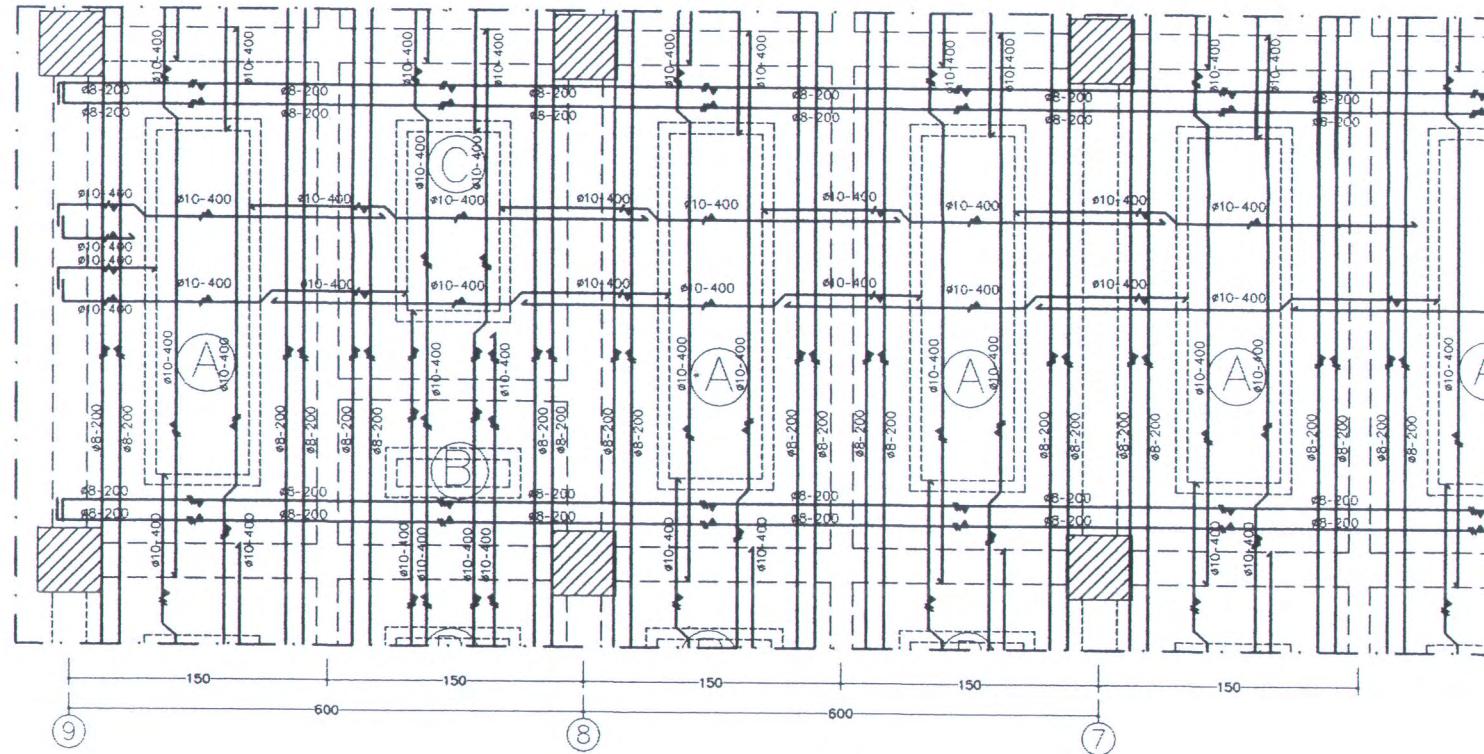


PENULANGAN PLAT, DENAH BALOK DAN KOLOM ATAP  
Skala 1 : 300

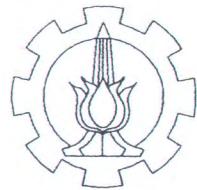


## PENULANGAN PELAT LANTAI

Skala 1 : 40



## **DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI**



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

## PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG RUMAH SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MONEN KHUSUS UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

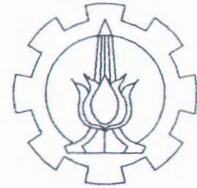
DOSEN PEMBIMBING

UTMAN HANIFAH Jr.DIPLHE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA	
PENULANGAN PLAT LANTAI BETAL PENULANGAN PLAT LANTAI	1 : 40 1 : 80	
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	11	24

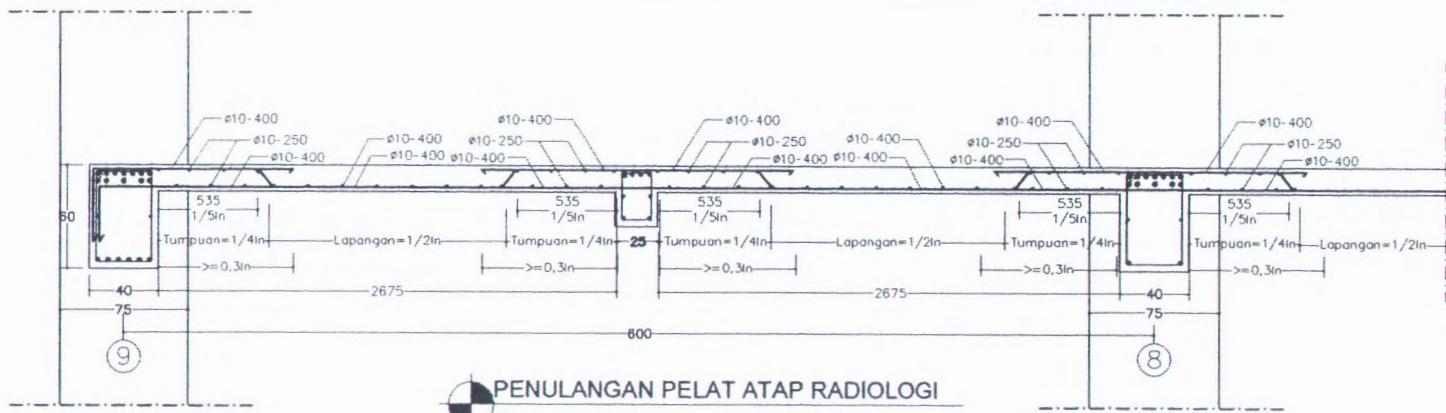


S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

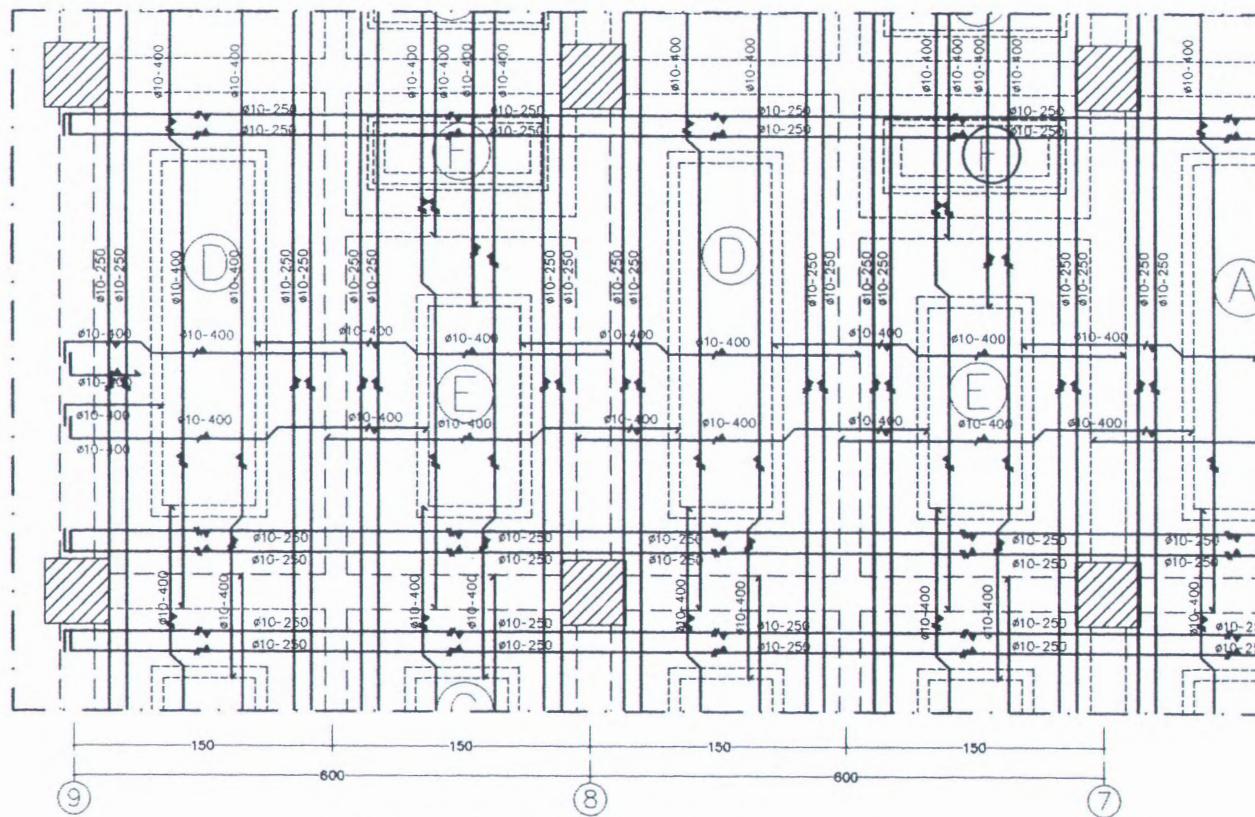
PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MONON KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI



## PENULANGAN PELAT ATAP RADIOLOGI

Skala 1 : 40



DETAIL PENULANGAN PELAT LANTAI RADILOGI

Skala 1 : 80

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dok.HC

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA	
PENULANGAN PLAT ATAP RABOLODI BETAL PENULANGAN PLAT LANTAI RABOLODI	1 : 40 1 : 80	
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	12	24



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDIKA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL NOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

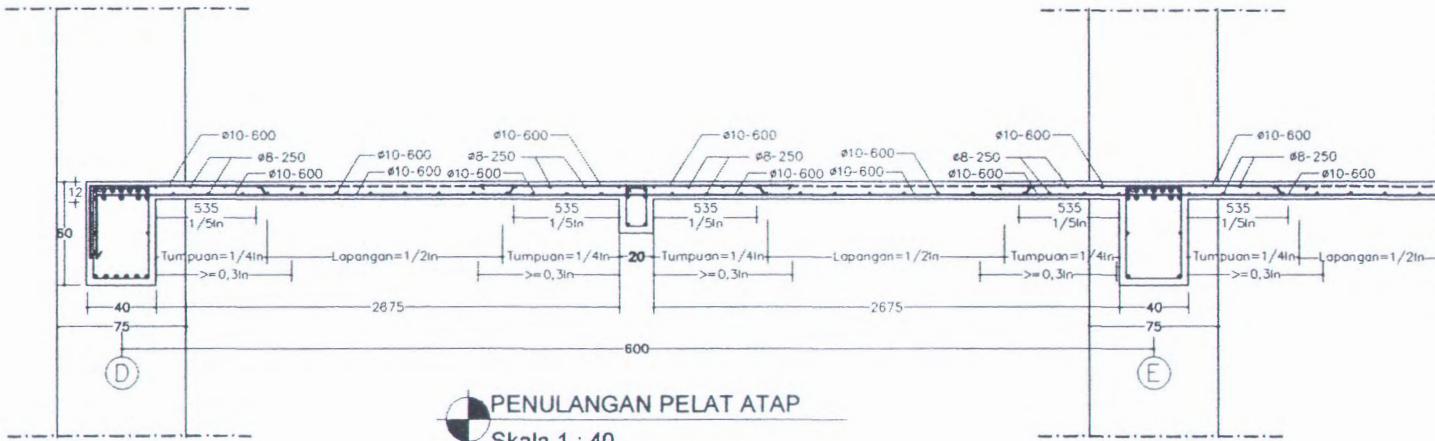
DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl. HE

DIGAMBAR

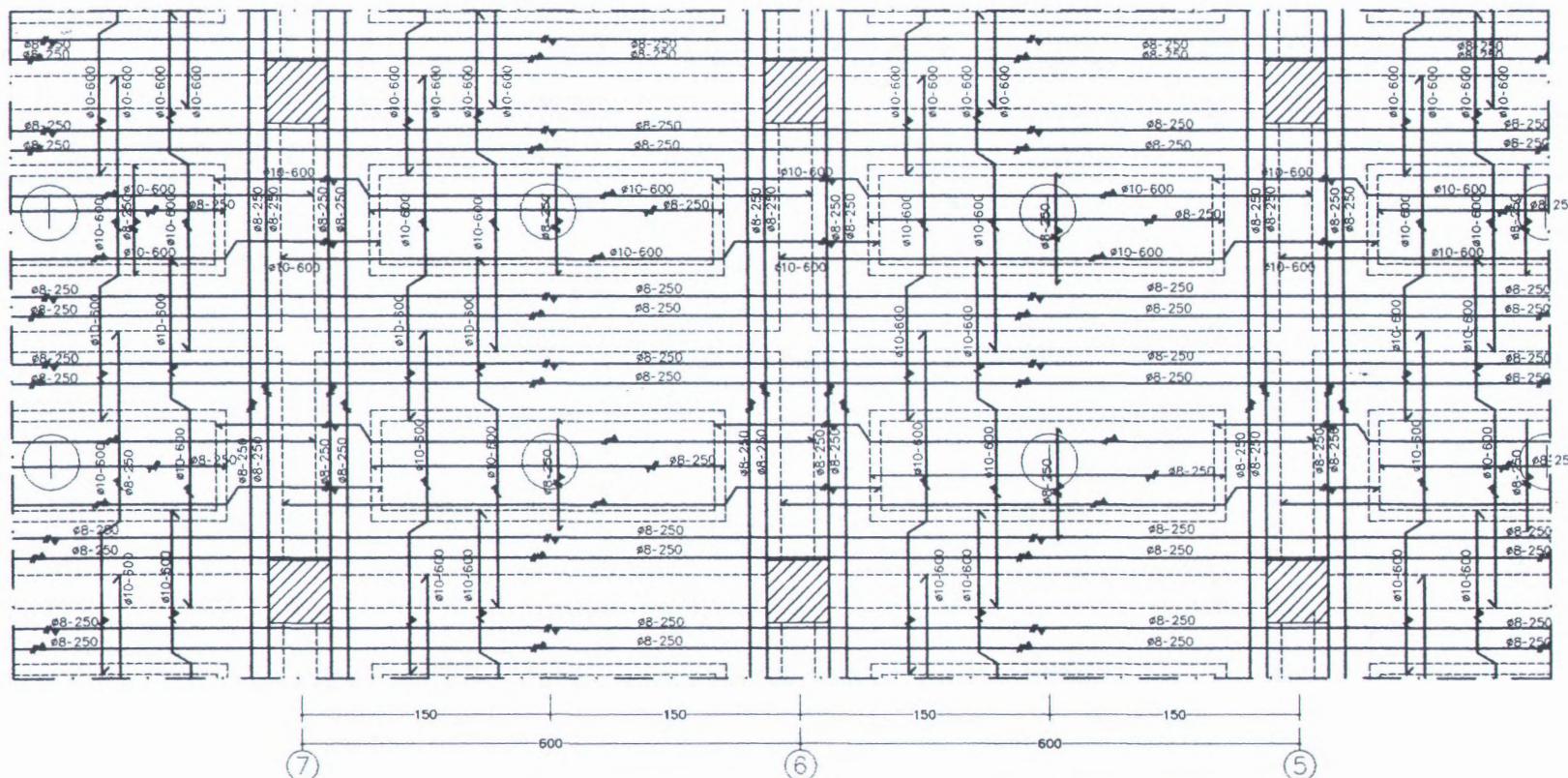
YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR		SKALA
<b>PEMULANGAN PLAT ATAP BETAR, PEMULANGAN PLAT ATAP</b>		1 : 40 1 : 80
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	13	24



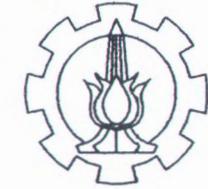
## PENULANGAN PELAT ATAP

Skala 1 : 40



DETAIL PENULANGAN PELAT ATAP

Skala 1 : 80



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

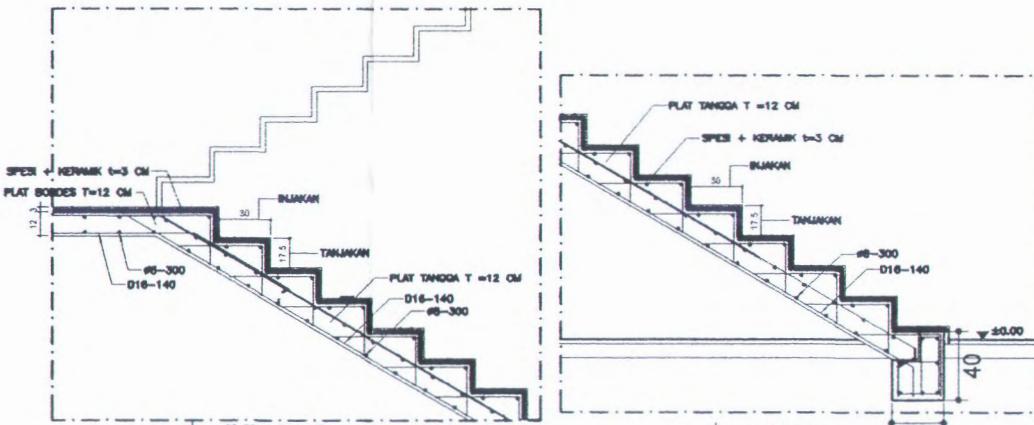
PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

PENULANGAN TANGGA AS7-8,C  
Skala 1 : 100

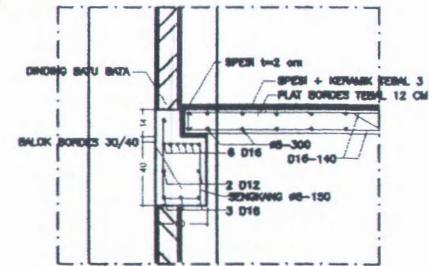
The diagram illustrates a platform lift system. A central vertical column supports a platform at two levels. The upper level is labeled 'R. KEPALA PERAWAT' and features a control panel with a telephone labeled 'OPERATOR TELP(BAWAH)'. The platform has a grid pattern with numbers 3, 4, 5, 12, 1, 10, 9, 8, 6, 6, 5, 4, 3, 2, 1. Dimensions shown include height markers +200, -180, and -160, and horizontal distances of 160, 600, and 300x111. The platform is supported by a central vertical column and side brackets. The entire unit is mounted on a base with dimensions 160x600.

 DENAH TANGGA AS7-8,C  
Skala 1 : 100

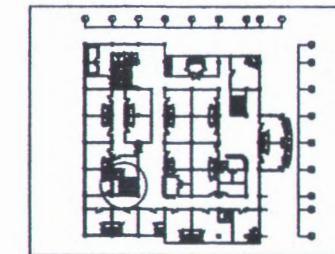


DETAIL B  
Skala 1 : 40

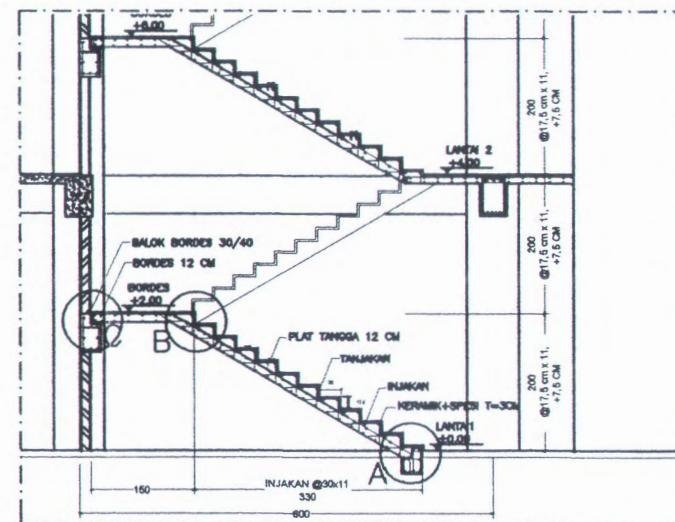
DETAIL A  
Skala 1 : 40



DETAIL C  
Skala 1 : 40



KEY PLANS



POTONGAN A-A  
Skala 1 : 100

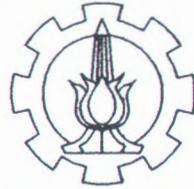
DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.HE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA	
BONAH TANGGA AS7-8,C PTONGKONG A-A	1 : 100 1 : 40 1 : 40 1 : 40 1 : 40	
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
DETAIL A	14	24
DETAIL B		
DETAIL C		

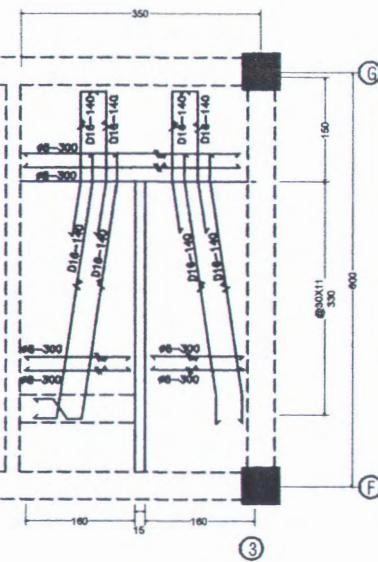


SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

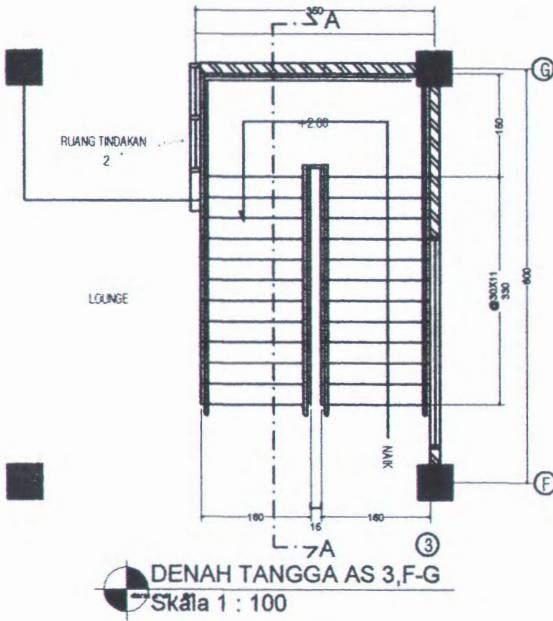
#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMULIHARAN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

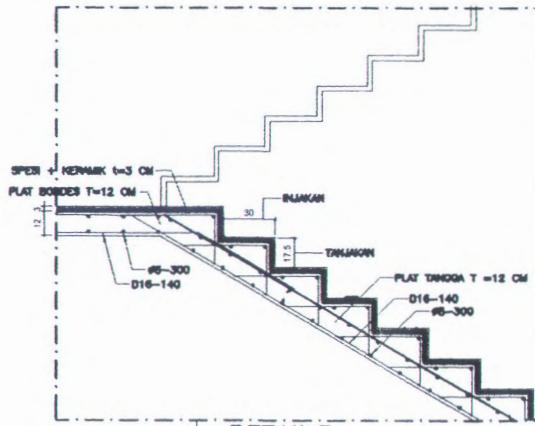
REVISI



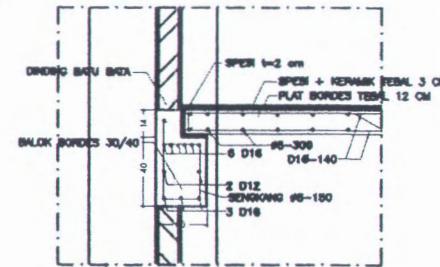
PENULANGAN TANGGA AS3,F-G  
Skala 1 : 100



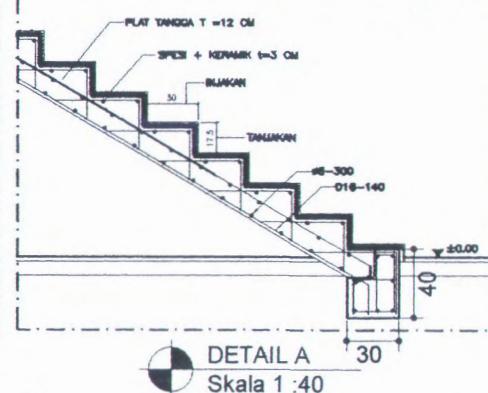
DENAH TANGGA AS 3,F-G  
Skala 1 : 100



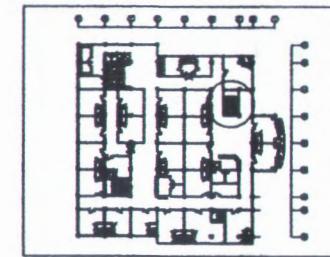
DETAIL B  
Skala 1 : 40



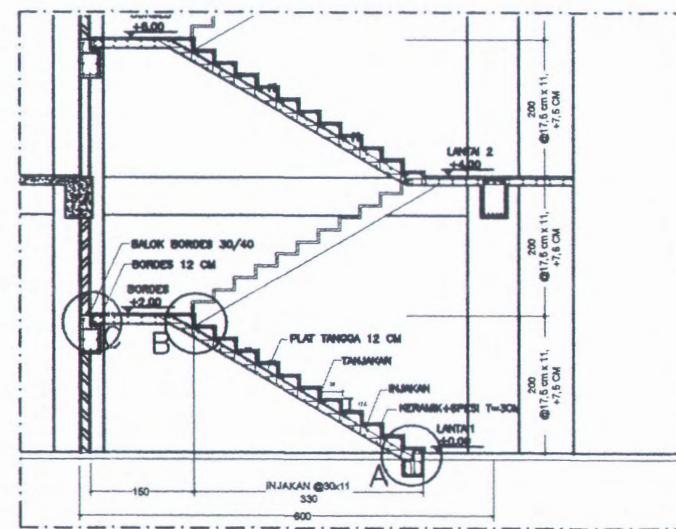
DETAIL C  
Skala 1 : 40



DETAIL A  
Skala 1 : 40



KEY PLAN



POTONGAN A-A  
Skala 1 : 100

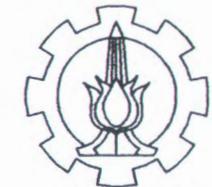
#### DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.KE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
BENAH TANGGA AS 3,F-G	1 : 100
POTONGAN A-A	1 : 100
DETAIL	1 : 40
DETAIL B	1 : 40
DETAIL C	1 : 40
KODE GBR	NO LBR
STR	15
	24



S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MONONIK KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl. HE

DIGAMBAR

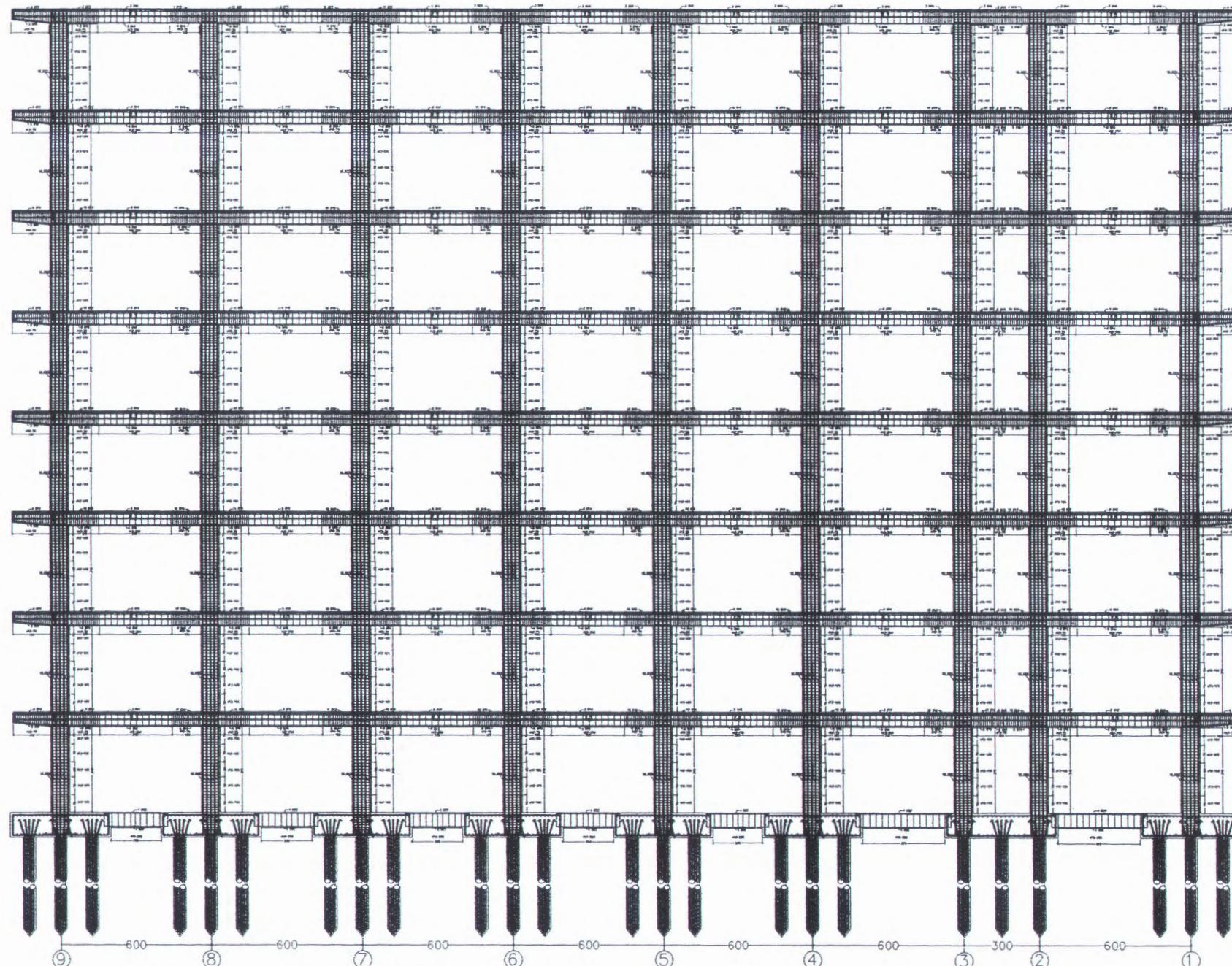
YULIKA EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

PORTAL MEMANJANG AS F-F 1 : 300

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR	16	24
-----	----	----



PORTAL MEMANJANG AS

Skala 1:300



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL WOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.DiplHE

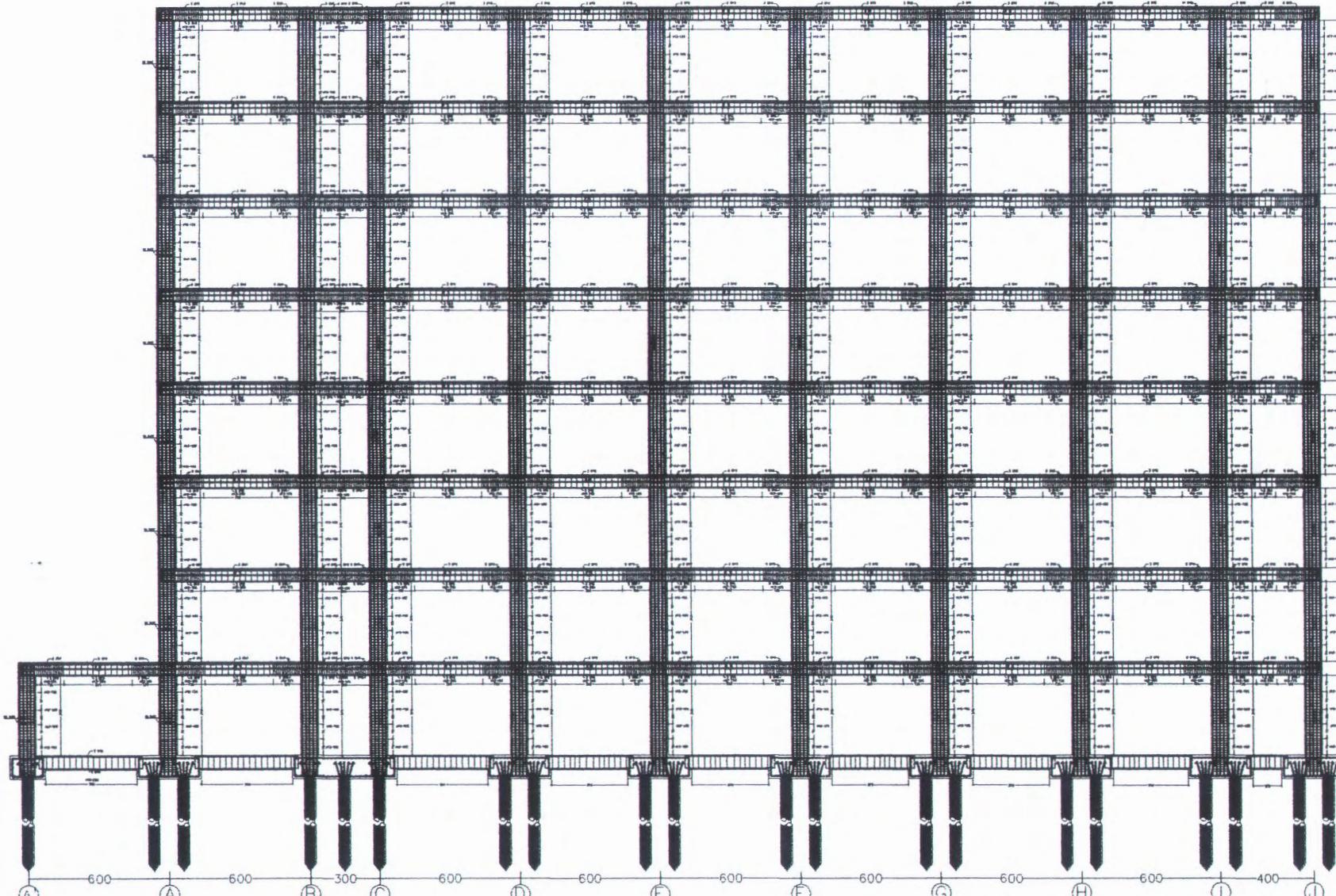
DIGAMBAR

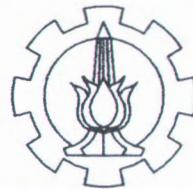
YUUKO EKO PRASETYO

GAMBAR SKALA

PORTAL MELINTANG AS 7-7 1 : 350

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	17	24





SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL WOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

#### TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

TYPE BALOK	G1			G2			G3			G4		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN									
POTONGAN												
DIMENSI	400x600	400x600	400x600									
TULANGAN ATAS	11 D19	3 D19	11 D19	8 D19	3 D19	8 D19	10 D19	5 D19	10 D19	11 D19	3 D19	11 D19
TULANGAN BAWAH	6 D19	6 D19	6 D19	4 D19	4 D19	4 D19	6 D19	6 D19	6 D19	3 D19	6 D19	6 D19
BENGKANG	#12-75	#12-250	#12-75	#12-125	#12-250	#12-125	#12-75	#12-250	#12-75	#12-250	#12-75	#12-75
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12

#### TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

TYPE BALOK	G5			G6			G7			G8		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN									
POTONGAN												
DIMENSI	400x600	400x600	400x600									
TULANGAN ATAS	5 D19	3 D19	5 D19	10 D19	3 D19	10 D19	9 D19	3 D19	9 D19	8 D19	3 D19	8 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19	3 D19	5 D19	3 D19	5 D19	5 D19	3 D19	5 D19	3 D19	3 D19	5 D19
BENGKANG	#12-125	#12-250	#12-125	#12-100	#12-250	#12-100	#12-250	#12-100	#12-250	#12-125	#12-250	#12-125
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12

#### TABEL PENULANGAN BALOK INDUK

TYPE BALOK	G9		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
DIMENSI	400x600	400x600	400x600
TULANGAN ATAS	3 D19	3 D19	3 D19
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19	3 D19
BENGKANG	#12-125	#12-250	#12-125
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12

#### TABEL PENULANGAN KOLOM

TYPE KOLOM	K1	K2
	DIMENSI	DIMENSI
	750x750	750x750
	16 D22	16 D22
	4#12-100	4#12-100
	4#12-125	4#12-125

#### TABEL PENULANGAN SLOOF

TYPE SLOOF	S		
	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN			
DIMENSI	400x600	400x600	400x600
TULANGAN ATAS	4 D22	4 D22	4 D22
TULANGAN BAWAH	4 D22	4 D22	4 D22
BENGKANG	#10-250	#10-250	#10-250
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12



#### TABEL PENULANGAN BALOK DAN KOLOM

Skala 1:80

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.HE

DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR SKALA

TABEL PENULANGAN BALOK INDUK 1 : 80  
TABEL PENULANGAN KOLOM 1 : 80  
TABEL PENULANGAN SLOOF 1 : 80

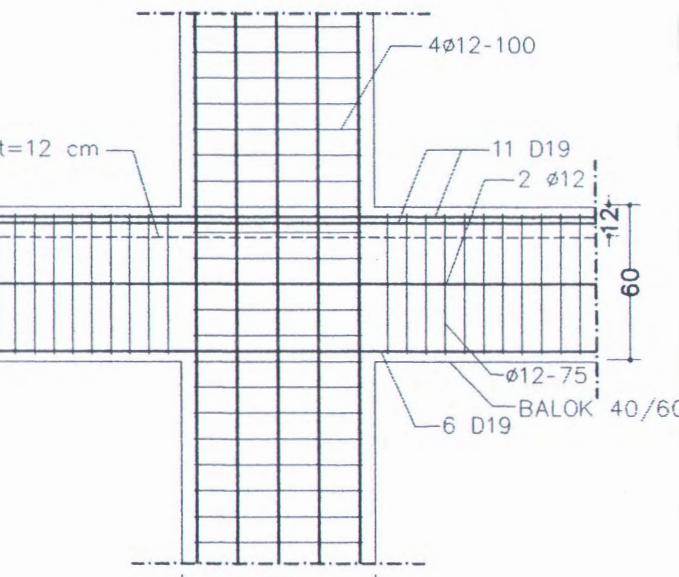
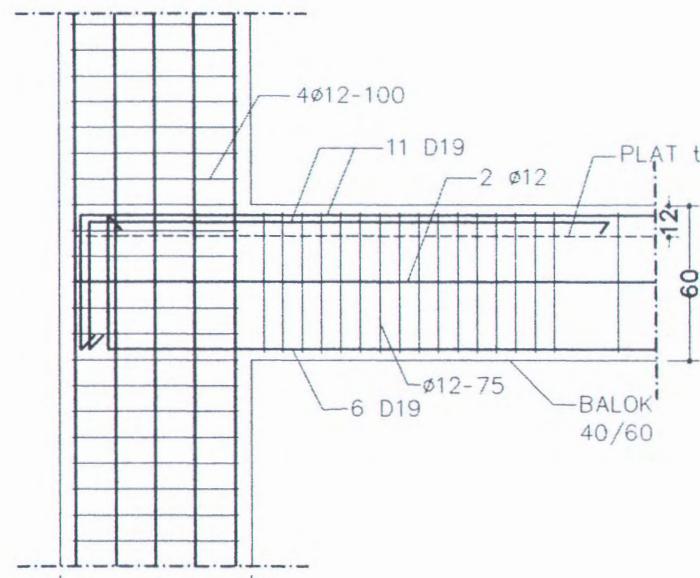
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	18	24

## TABEL PENULANGAN BALOK ANAK

TYPE BALOK	B1			B2			B3			B4		
	POSISI BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN												
DIMENSI	250x350	250x350	250x350	250x350	250x350	250x350	200x300	200x300	200x300	200x300	200x300	200x300
TULANGAN ATAS	4 D16	4 D16	8 D16	8 D16	2 D16	8 D16	2 D16	2 D16	4 D16	4 D16	2 D16	4 D16
TULANGAN BAWAH	4 D16	6 D16	4 D16	4 D16	4 D16	4 D16	2 D16	3 D16	2 D16	2 D16	3 D16	2 D16
SENGKANG	#8-50	#8-150	#8-50	#8-50	#8-50	#8-50	#8-50	#8-100	#8-50	#8-50	#8-100	#8-50
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12						

## TABEL PENULANGAN BALOK LIFT

TYPE BALOK	Balok pemisah (B5)			Balok penumpu belakang (B6)			Balok penumpu depan (B7)			Balok kantilever (CL)		
	POSISI BALOK	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	TUMPUAN DAN LAPANGAN	LAPANGAN	TUMPUAN
POTONGAN												
DIMENSI	300x400	300x400	300x400	350x500	350x500	350x500	350x500	350x500	300x450			
TULANGAN ATAS	2 D16	2 D16	2 D16	10 D22	2 D16	10 D22	8 D22	2 D16	8 D22	5 D19		
TULANGAN BAWAH	2 D16	2 D16	2 D16	5 D22	4 D22	5 D22	4 D22	4 D22	4 D22	3 D19		
SENGKANG	#8-75	#8-150	#8-75	#10-100	#10-125	#10-100	#10-100	#10-175	#10-100	#12-75		
TULANGAN EXTRA	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	2 #12	



S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL,  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANCAJ PEMULUH MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

### REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDNAN HANIFAH Ir.Dipl.HE

DIGAMBAR

YUJKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

TABEL PENULANGAN BALOKANAK	1 : 80
TABEL PENULANGAN BALOK UFT	1 : 80
PERTEMUAN BALOK KOLOM	1 : 40

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR	19	24
-----	----	----



SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDINA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMERIKSA MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDNAN HANIFAH Ir.DiplHE

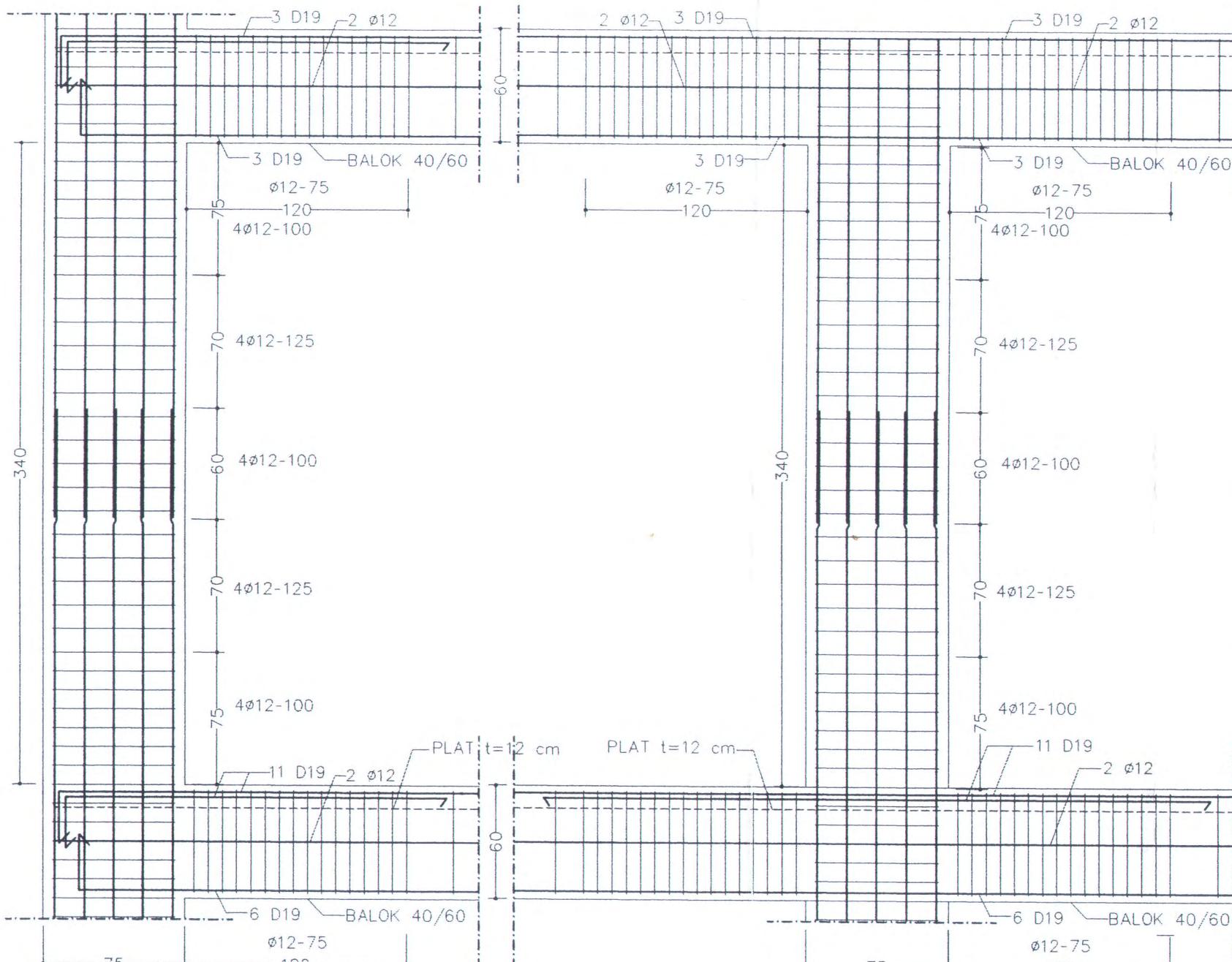
DIGAMBAR

YULIKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

DETAL SAMBUNGAN LEWATAN KOLOM	1 : 40
DETAL JOINT BALOK KOLOM ATAP	1 : 40

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
STR	20	24





SI EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITA MEDIKA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMULIH MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

#### REVISI

#### DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.DiplHE

DIGAMBAR

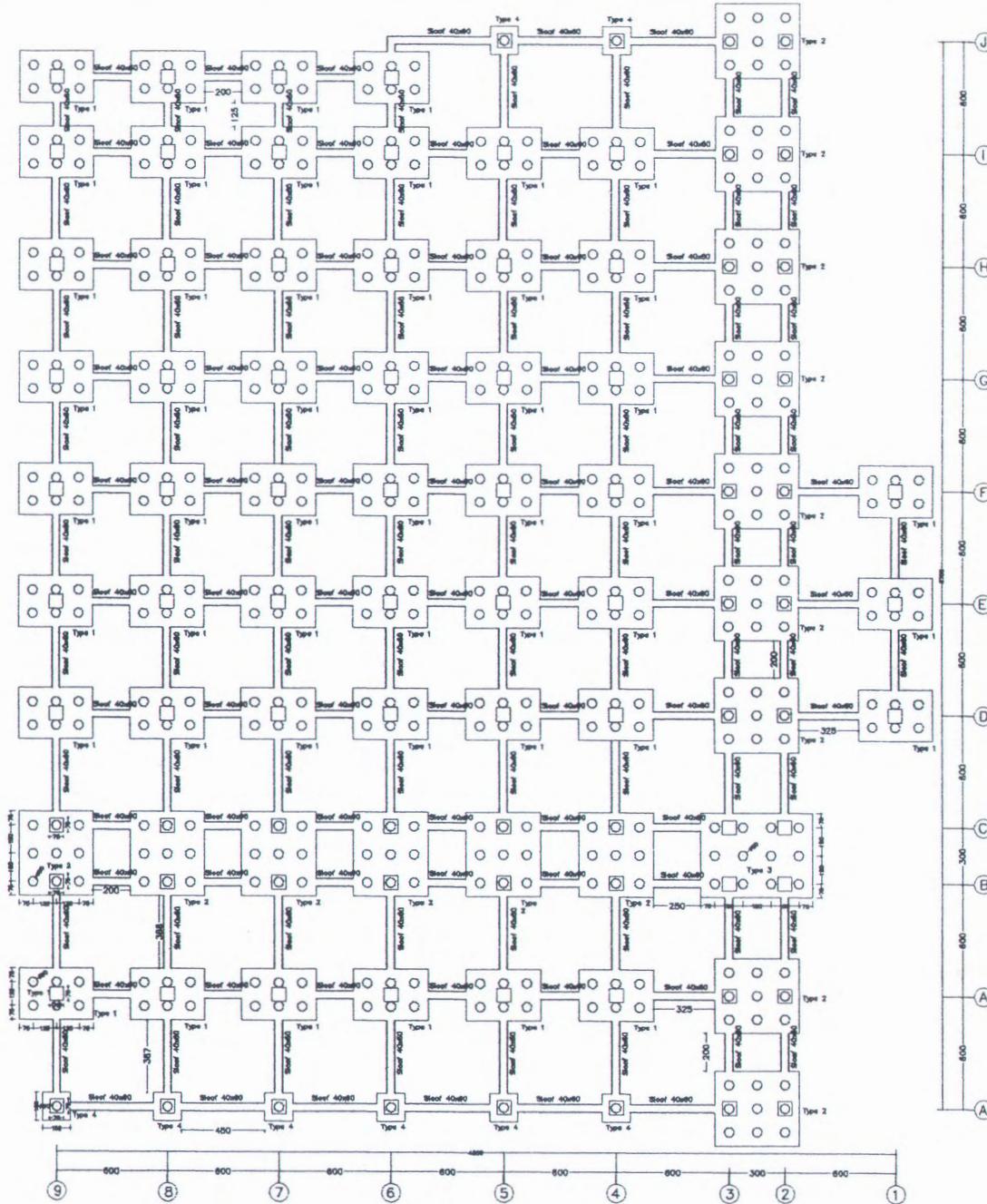
YULUKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

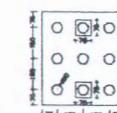
DENAH PONDASI	1 : 500
---------------	---------

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

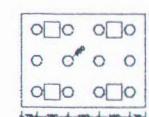
STR	21	24
-----	----	----



Type 1



Type 2



Type 3



Type 4



S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

#### JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

#### REVISI

#### DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.HE

#### DIGAMBAR

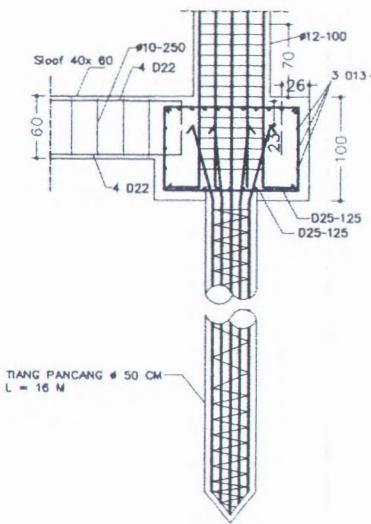
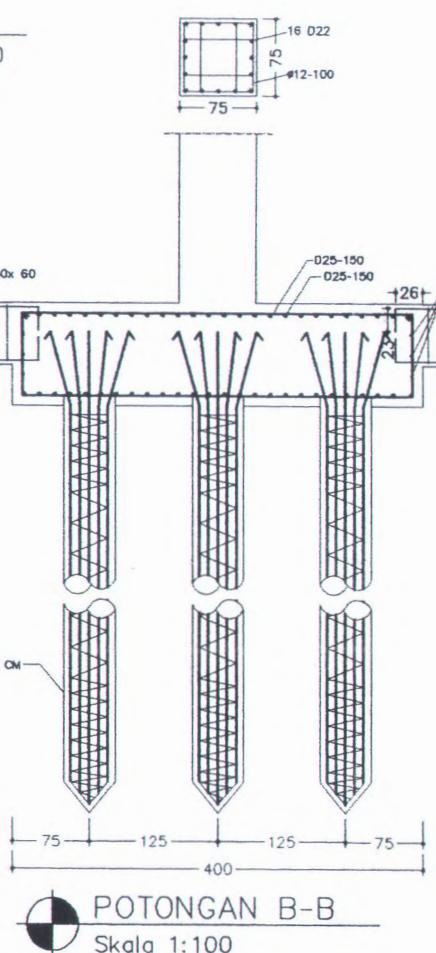
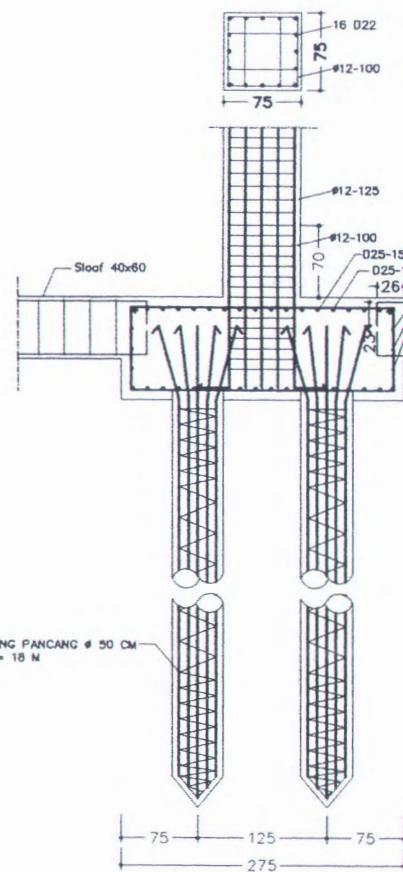
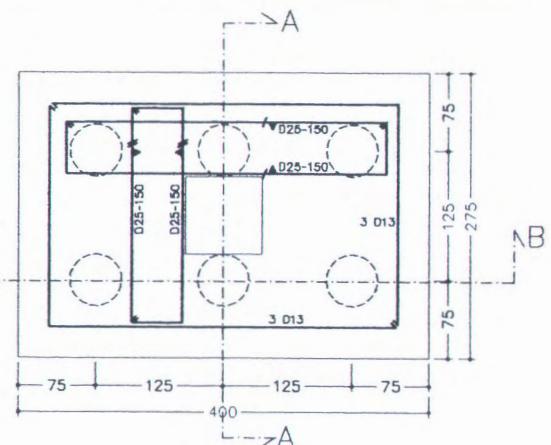
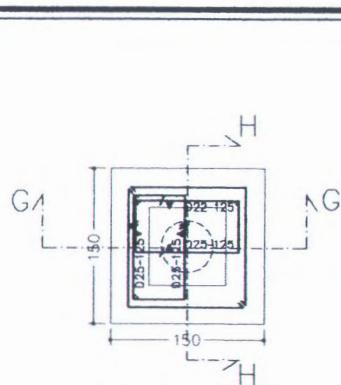
YULJKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

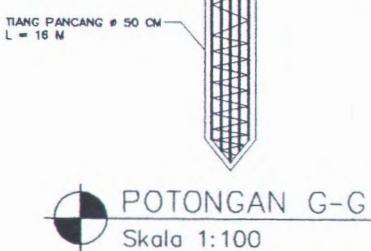
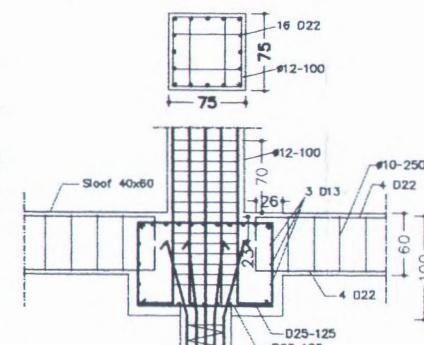
PONDASI TIANG PANCANG TYPE 1	1 : 100
POTONGAN A-A	1 : 100
POTONGAN B-B	1 : 100
PONDASI TIANG PANCANG TYPE 4	1 : 100
POTONGAN G-G	1 : 100
POTONGAN H-H	1 : 100

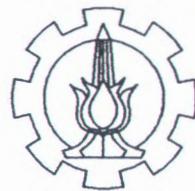
KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR	22	24
-----	----	----



POTONGAN H-H  
Skala 1:100





S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHASUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dipl.Eng

DIGAMBAR

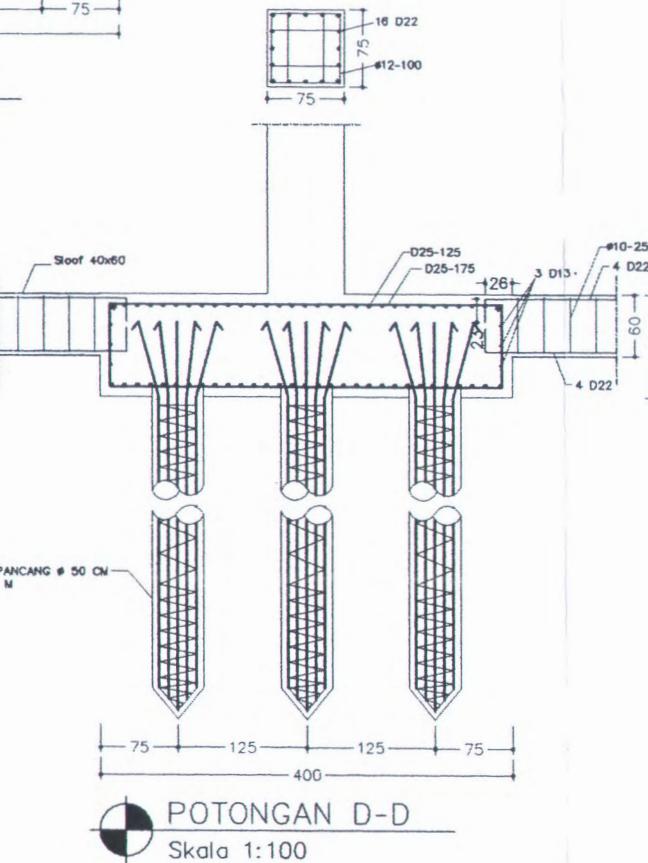
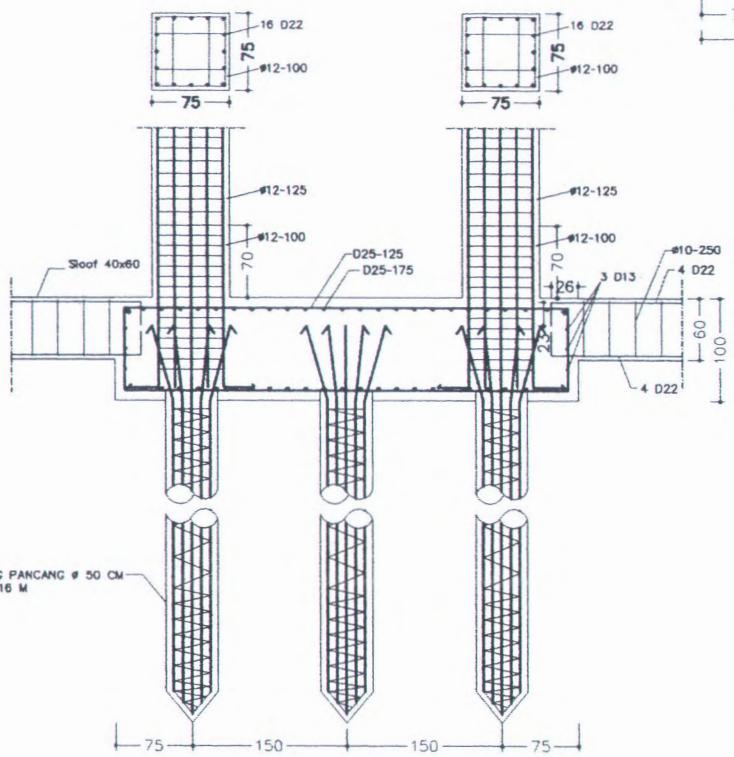
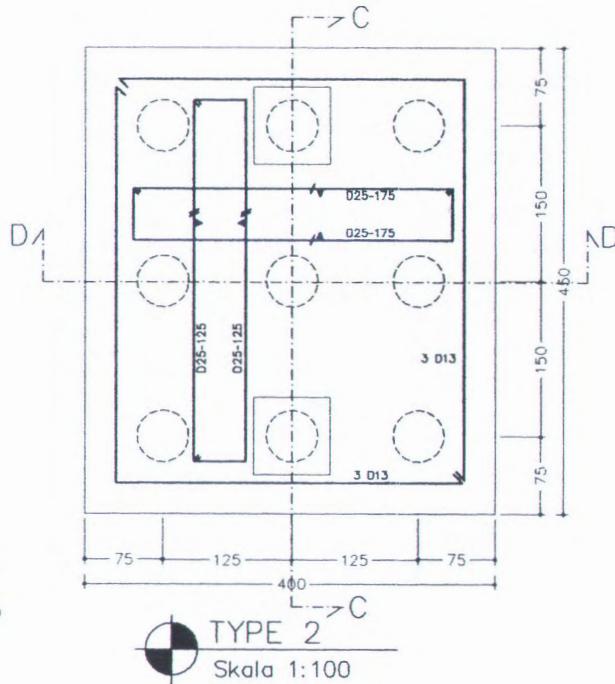
YULKO EKO PRASETYO

GAMBAR	SKALA
--------	-------

PONDASI TIANG PANCANG TYPE 2 1 : 100  
POTONGAN C-C 1 : 100  
POTONGAN D-D 1 : 100

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR 23 24





S1 EKSTENSI JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN MODIFIKASI GEDUNG  
RUMAH SAKIT CITRA MEDICA DENGAN  
SISTEM RANGKA PEMULIH MOMEN KHUSUS  
UNTUK DIBANGUN DI ACEH

REVISI

DOSEN PEMBIMBING

UDMAN HANIFAH Ir.Dip.IHE

DIGAMBAR

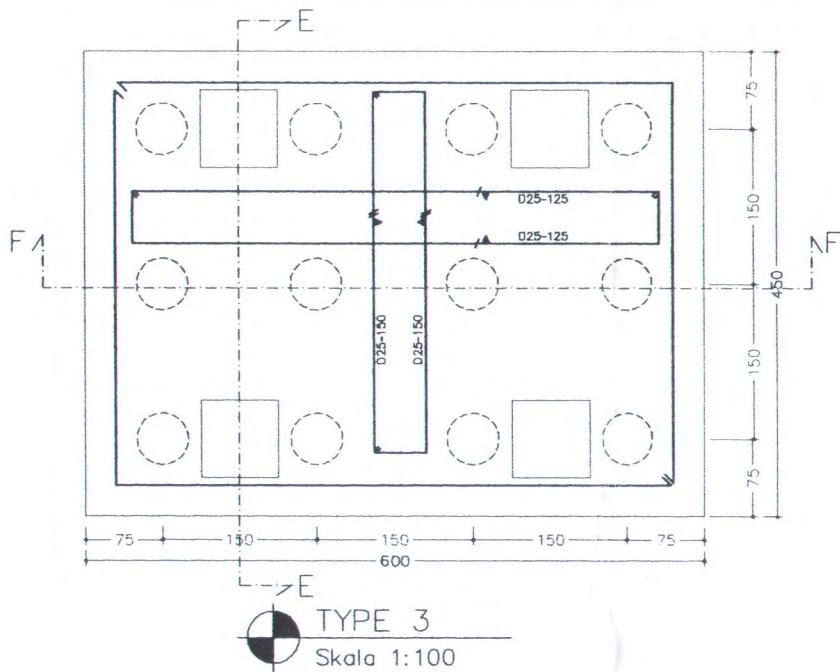
YULIKO EKO PRASetyo

GAMBAR SKALA

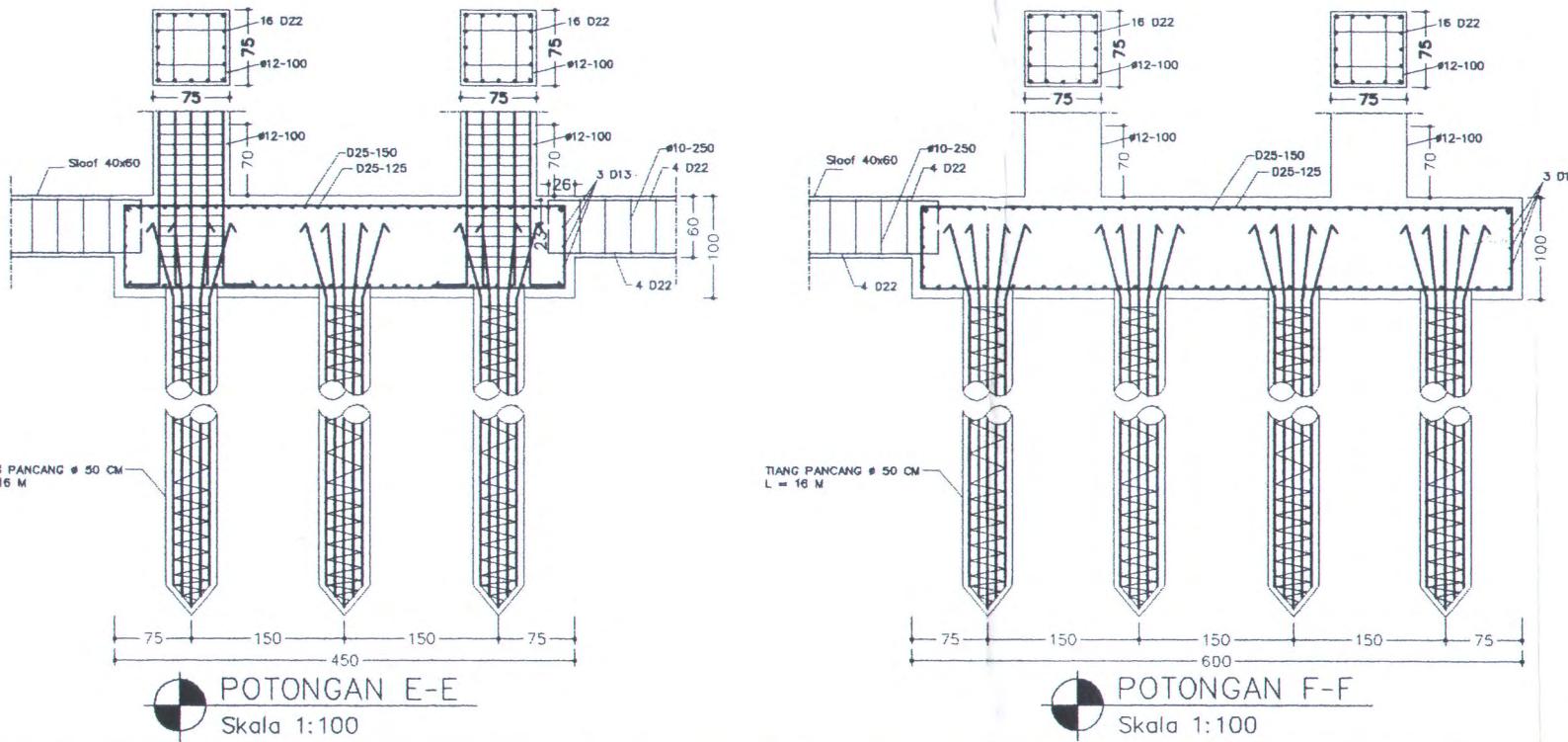
PONDASI TIANG PANCANG TYPE 3	1 : 100
POTONGAN E-E	1 : 100
POTONGAN F-F	1 : 100

KODE GBR	NO LBR	JMLH LBR
----------	--------	----------

STR	24	24
-----	----	----



TYPE 3  
Skala 1:100





Penulis dilahirkan di Nganjuk, 12 Agustus 1981, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Ngadiboyo 1, SMPN 1 Rejoso dan SMUN 2 Nganjuk. Setelah lulus dari SMUN tahun 2000, penulis melanjutkan kuliah di D3 Teknik Sipil ITS Surabaya dan melanjutkan studinya melalui program lintas jalur S1 Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2004

dan terdaftar dengan NRP 3104.109.617.

Di Jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil mengambil bidang studi Struktur. Penulis sempat memperoleh penghargaan sebagai Mahasiswa Berprestasi saat masih studi D3 Teknik Sipil tingkat Jurusan.