



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
NAMIRA SYARIAH 9 LANTAI DI SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK
PADA ELEMEN PELAT, BALOK & TANGGA**

**WINDY UNTARI SUNYOTO
NRP. 10111410000025**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
NAMIRA SYARIAH 9 LANTAI DI SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK
PADA ELEMEN PELAT, BALOK & TANGGA**

**WINDY UNTARI SUNYOTO
NRP. 10111410000025**

Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT APPLIED - RC 146599

**STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF
9-FLOOR NAMIRA SYARIAH HOTEL IN
SURABAYA USING PRECAST CONCRETE ON
SLABS, BEAMS & STAIRS**

**WINDY UNTARI SUNYOTO
NRP. 10111410000025**

Supervisor

**Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
NIP. 19590209 198603 1 002**

**DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMEN OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

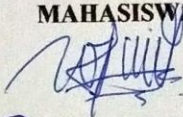
**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
NAMIRA SYARIAH 9 LANTAI DI SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN BETON PRACETAK PADA ELEMEN
PELAT, BALOK & TANGGA**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Terapan
Pada
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 30 Juli 2018

Disusun Oleh :

MAHASISWA



WINDY UNTARI SUNYOTO

NIP. 10111410000025

Disetujui Oleh :

130 JUL 2018

DOSEN PEMBIMBING



Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS.

NIP. 19590209 198603 1 002



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

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 18/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Modifikasi Struktur Gedung Hotel Namira Syariah 9 Lantai Di Surabaya Dengan Menggunakan Beton Pracetak		
Nama Mahasiswa	Windy Untari Sunyoto	NRP	1011141000025
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP 19590209 198603 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Periksa panjang penjangkaran tul. paku berdes pada balok pracetak → Untuk memperbesar let. paku diameter yang lebih kecil. 2. Periksa panjang samb. pada bakulan tumpu/geser pada pelat. 3. Catatan → Periksa letak pada balok = border tumpu ✓	 Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003
1. Periksa rebar tumpu penjangkaran pada p.k. cap. ✓ 2. Catatan pada tumpu = pracetak ✓ 3. Periksa lagi tulangan = pada HBK	 Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003
1. Koreksi pada judul agar jelas bag. mana yang pracetak ✓ 2. Periksa panjang penjangkaran pada balok induk ✓	 Ir. Srie Subektie, MT NIP 19560520 198903 2 001
1	
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Munarus Suluch, MS NIP 19550408 198203 1 003	Ir. Srie Subektie, MT NIP 19560520 198903 2 001	Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS NIP -

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



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

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947537 Fax. 031-5938025
<http://www.vokasi.its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama

NRP

Judul Tugas Akhir

: 1 WINDY UNTARI SUNYOTO. 2
 : 1 10111410000025 2
 : DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL NAMIRA SYARIAH
 9 LANTAI DI SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK

Dosen Pembimbing

: Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS.
 NIP. 19590209 198603 1 002

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1.	13 Feb 2018	→ ukuran pelat precast disesuaikan PCI	<i>lie</i>	
		→ balok kantilever untuk balkon.		B C K
		→ Preliminary design disesuaikan.		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.	1 Maret 2018	→ tebal pelat pracetak = 9cm, over topping = 6cm	<i>lie</i>	B C K
		→ tebal decking = 2,5-3 cm		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		→ deck pelat ketika diangkat tulangannya memenuhi / tidak.		
		→ dimensi balok disesuaikan eksisting.		B C K
3	29 Maret 2018	- hitung kebutuhan tulangan ketika cat' in situ dengan SAP	<i>lie</i>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Beban gempa menggunakan Respon Spektrum.		B C K
		- Kontrol precast disesuaikan dg metode Pelaksanaan		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.	26 April 2018	- Mass source pada sap dipilih no. 1 bila beban-beban pada pelat dimasukkan pada trap joint	<i>lie</i>	B C K
		- Beban tangga dimasukkan pada balok		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Def.

B = Lebih besar dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

- Nama** : 1 WINDY UNTARI SUNYOTO 2
NRP : 1 10111410000025 2
Judul Tugas Akhir : DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR BUDUNG HOTEL NAMWA SYARIAH 9 LANTAI DI SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. DICKY IMAM WAHYUDI, MS
 NRP. 19590209 198603 1 002

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
	31 Mei 2018	- $f_c'(3\text{hari}) \rightarrow 0,9 \times f_c'(PB[7])$ - Dinding basement tulangan menggunakan nilai momen (M_u/M_{ns}) - Sambungan antara balok induk dg kolom menggunakan panjang lewatan - Sambungan antara pelat menggunakan las pelat baja	<i>die</i>			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

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

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG HOTEL
NAMIRA SYARIAH 9 LANTAI DI SURABAYA DENGAN
MENGUNAKAN BETON PRACETAK PADA ELEMEN
PELAT, BALOK & TANGGA**

Nama Mahasiswa : Windy Untari Sunyoto
NRP : 1011141000025
Jurusan : Diploma IV Departemen
Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRAK

Gedung perhotelan di Surabaya yang didesain adalah Gedung Hotel Namira Syariah Surabaya yang memiliki luas bangunan 19 m x 24 m dan total jumlah lantai yakni 1 lantai semi basement, 9 lantai & 1 lantai atap beton. Struktur semula dari bangunan ini dilakukan dengan metode cor setempat (*cast in situ*). Dalam tugas akhir terapan ini akan melakukan modifikasi struktur balok, pelat lantai dan tangga dengan menggunakan beton pracetak sedangkan elemen kolom tetap menggunakan cor setempat. Bangunan tersebut dibangun pada kondisi tanah setempat dengan tipe SE (Tanah Lunak) dan dengan memperhatikan ketogori resiko fungsi bangunan tersebut yaitu kategori II. Sehingga dapat disimpulkan bangunan tersebut termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D. Dengan pertimbangan tersebut, bangunan dihitung dengan persyaratan sistem struktur SRPMK.

Analisis struktur menggunakan sistem SRPMK telah memenuhi persyaratan bangunan tahan gempa sesuai SNI 03-1726-2012 yang meliputi kontrol partisipasi massa, periode fundamental, gaya gempa dasar, dan simpangan antar lantai bangunan.

Hasil desain struktur Gedung Hotel Namira Syariah Surabaya meliputi tebal pelat 13 cm dengan tebal pelat pracetak 8 cm dan overtopping 5 cm, dimensi balok induk 50 x 70 cm, dimensi balok anak 30 x 50 cm, dan dimensi kolom 70 x 70 cm. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek

Kata kunci : cor setempat, modifikasi struktur, pracetak, SRPMK

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF 9-FLOOR NAMIRA SYARIAH HOTEL IN SURABAYA USING PRECAST CONCRETE ON SLABS, BEAMS & STAIRS

Name : Windy Untari Sunyoto
NRP : 10111410000025
Department : Diploma IV Departement of
Civil Infrastructure
Faculty of Vocation - ITS
Supervisor : Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS
NIP : 19590209 198603 1 002

ABSTRACT

The building that is designed in this final project is a hotel named Namira Syariah Hotel. It has 19m x 24m dimension and consists of 1 semi basement floor, 9 hotel floor and 1 floor of concrete roof. The original structure of the building is done by cast in situ method. This applied final project is done to modify the structure of beams, floor plates and stairs by using precast concrete while the column elements still use the cast in situ method. The building was built on its original soil conditions type, soft soil. And the risk category for the building is category II. So it can be concluded that the building is in Category of Seismic Design (KDS) D. With these considerations, the building is calculated with the requirements of SRPMK structure system.

Structural analysis using SRPMK system has fulfilled the requirements of earthquake resistant building according to SNI 03-1726-2012 which includes mass participation control, fundamental period, earthquake force, and drift inter-story.

The result of Namira Syariah Hotel Surabaya modification are thickness of slab is 13 cm with 8 cm precast and 5 cm overtopping, the dimension of the primary beam (B1) 50 x 70 cm, the dimension of the secondary beam (BA) 30 x 50 cm, and dimension of

column 70 x 70 cm. The connection between precast elements use wet connection and a corbel

Keywords: *cast in situ, structural modification, precast, SRPMK*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir terapan dengan topik struktur beton pracetak. Tugas akhir terapan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada Program Studi Diploma IV Teknik Sipil, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan karya tulis ini tidak lepas dari bantuan, dukungan dan perhatian berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT dan Rasulullah SAW.
2. Ibu, Ayah beserta keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi serta do'a yang tak pernah putus demi kesuksesan buah hatinya.
3. Bapak Machsus, ST., MT., selaku ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV – ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Dicky Imam Wahyudi, MS., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama proses pembuatan proposal.
5. Teman-teman Teknik Infrastruktur Sipil yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam penyelesaian proposal tugas akhir terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir terapan ini masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis agar dimasa datang menjadi lebih baik. Demikian, semoga tugas akhir terapan ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018
Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	- i
ABSTRACT.....	- iii
KATA PENGANTAR	- v
DAFTAR ISI.....	- vii
DAFTAR GAMBAR	- xi
DAFTAR TABEL.....	- xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	- 1
1.2 Rumusan Masalah	- 2
1.3 Tujuan	- 2
1.4 Batasan Masalah	- 3
1.5 Manfaat	- 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum	- 5
2.2 Sistem Struktur Gedung	- 5
2.3 Sistem Beton Pracetak	- 6
2.4 Komponen Beton Pracetak.....	- 7
2.5 Perencanaan Sambungan.....	- 12
2.6 Pengangkatan Komponen Pracetak.....	- 13
BAB III METODOLOGI	
3.1 Umum	- 17
3.2 Data-Data Perencanaan	- 18
3.3 Studi Literatur dan Peraturan	- 20

3.4	Penentuan Sistem Struktur Gedung	- 20
3.5	<i>Preliminary Design</i>	- 21
3.6	Pembebanan Struktur.....	- 24
3.7	Permodelan dan Analisa Struktur	- 27
3.8	Kontrol Persyaratan	- 28
3.9	Perhitungan Struktur Sekunder.....	- 28
3.10	Perhitungan Struktur Primer	- 31
3.11	Perencanaan Sambungan	- 34
3.12	Perencanaan Bangunan Bawah.....	- 41
BAB IV PRELIMINARY DESIGN		
4.1	Umum	- 45
4.2	Data Perencanaan.....	- 45
4.3	Perencanaan Dimensi Balok	- 45
4.4	Perencanaan Tebal Pelat Lantai.....	- 50
4.5	Perencanaan Dimensi Kolom	- 55
4.6	Perencanaan Dimensi Dinding Basement.....	- 56
BAB V ANALISA STRUKTUR		
5.1	Pembebanan	- 57
5.2	Permodelan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	- 83
5.3	Analisa Dinamik Struktur	- 88
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR		
6.1	Perencanaan Pelat Pracetak	- 99
6.2	Perencanaan Pelat Konvensional.....	- 118

6.3	Perencanaan Struktur Tangga	- 122
6.4	Perencanaan Balok Penggantung Lift	- 147
6.5	Perencanaan Dinding Basement.....	- 153
6.6	Perencanaan Balok Anak	- 155
6.7	Perencanaan Balok Kantilever	- 174
6.8	Perencanaan Balok Induk.....	- 179
6.9	Perencanaan Struktur Kolom	- 217
6.10	Perencanaan HBK	- 227

BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

7.1	Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Kolom .-	231
7.2	Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak	237
7.3	Perencanaan Sambungan Pelat dengan Balok.....	- 245
7.4	Perencanaan Sambungan Pelat dengan Pelat	- 246
7.5	Perencanaan Sambungan Tangga dengan Balok Bordes	249

BAB VIII PERENCANAAN PONDASI

8.1	Umum	- 255
8.2	Spesifikasi Hammer dan Tiang Pancang.....	- 256
8.3	Perhitungan Daya Dukung Tanah	- 257
8.4	Perhitungan Pondasi Tipe P1	- 259
8.5	Perhitungan Pondasi Tipe P2	- 274
8.6	Pondasi P3.....	- 288
8.7	Perhitungan Balok Sloof	- 304

BAB IX METODE PELAKSANAAN

9.1 Umum	- 309
9.2 Produksi Elemen Pracetak	- 309
9.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane	- 309
9.4 Pekerjaan Kolom	- 311
9.5 Pemasangan Perancah Balok	- 313
9.6 Pemasangan Balok Induk	- 314
9.7 Pemasangan Balok Anak	- 315
9.8 Pemasangan Perancah Pelat	- 316
9.9 Pemasangan Pelat Pracetak	- 317
9.10 Pemasangan Tulangan Atas Balok dan Tulangan Overtopping	- 318
9.11 Pemasangan Bekisting	- 319
9.12 Pengecoran Overtopping	- 320
9.13 Pelepasan Bekisting	- 320
BAB X KESIMPULAN	
10.1 Kesimpulan	- 323
10.2 Saran	- 327
DAFTAR PUSTAKA	- 329
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Macam-Macam Pelat Precast	7
Gambar 2.2 Pelat Pracetak Berlubang (Hollow Core Slab)	8
Gambar 2.3 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (Solid Flat Slab).....	8
Gambar 2.4 Pelat Pracetak Double Tees dan Single Tee	9
Gambar 2.5 Macam-Macam Balok Precast.....	9
Gambar 2.6 Balok Berpenampang Persegi (Rectangular Beam) ...	9
Gambar 2.7 Balok Berpenampang L (L-Shape Beam).....	10
Gambar 2.8 Balok Berpenampang T Terbalik (Inverted Tee Beam)	10
Gambar 2.9 Tangga Pracetak dengan Anak Tangga dan Bordes Terpisah	11
Gambar 2.10 Tangga Pracetak dengan Anak Tangga dan Bordes Menyatu	11
Gambar 2.11 Sambungan Basah (Cor In Situ)	12
Gambar 2.12 Tipe Sambungan Kering.....	13
Gambar 2.13 Titik Angkat untuk Pelat Beton Pracetak dengan 4 Titik.....	14
Gambar 2.14 Titik Angkat untuk Pelat Beton Pracetak dengan 8 Titik.....	14
Gambar 2.15 Titik Angkat untuk Balok Beton Pracetak.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir	17
Gambar 3.2 Tampak Depan (a), Tampak Samping (b) Gedung Hotel Namira Syariah Surabaya	19
Gambar 3.3 Sketsa Perencanaan Tangga.....	23
Gambar 3.4 Parameter Percepatan Tanah (Ss & S1) di Surabaya 26	
Gambar 3.5 Sambungan Pelat Pracetak dan Balok Pracetak.....	35
Gambar 3.6 Sambungan Kering Pada Pelat dengan Balok	35
Gambar 3.7 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak.....	36
Gambar 3.8 Tipe sambungan dengan kait (a), Tipe sambungan dengan dowel (b) pada balok induk dengan balok anak	37
Gambar 3.9 Sambungan Las Antar Pelat Precast	37

Gambar 3.10	Sambungan dengan Grouting Antar Pelat Precast .	38
Gambar 3.11	Sambungan Basah pada Pelat Precast	38
Gambar 3.12	Sambungan Basah pada Tangga Pracetak	39
Gambar 3.13	Sambungan Tangga Precast dengan Baut	39
Gambar 3.14	Sambungan Precast dengan Embed.....	39
Gambar 3.15	Sambungan Konsol Pendek.....	40
Gambar 3.16	Tipe sambungan dengan baut, dowel (a), Tipe sambungan dengan las (b) pada balok induk dengan kolom	40
Gambar 3.17	Tipe sambungan kait pada balok induk dengan kolom	41
Gambar 4.1	Denah Rencana Pembalokan.....	46
Gambar 4.2	Panjang Landasan Minimum.....	48
Gambar 4.3	Perbandingan Dimensi Balok Normal dengan Balok Pracetak	48
Gambar 4.4	Denah Rencana Pelat.....	50
Gambar 4.5	Potongan Pelat yang Ditinjau.....	51
Gambar 5.1	Spesifikasi Lift yang Digunakan	58
Gambar 5.2	Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift	59
Gambar 5.3	Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah	61
Gambar 5.4	Tekanan Tanah Aktif.....	62
Gambar 5.5	Nilai Ss	64
Gambar 5.6	Nilai S1	64
Gambar 5.7	Grafik Respon Spektrum.....	67
Gambar 5.8	Denah Penomoran Perhitungan Joint Masses Lantai 1	68
Gambar 5.9	Permodelan Bangunan Tampak Atas	83
Gambar 5.10	Permodelan Bangunan Tampak Samping	84
Gambar 5.11	Permodelan Bangunan 3D.....	84
Gambar 5.12	Input Mass Source pada SAP 2000 v.14	85
Gambar 5.13	Modal dan Ragam Analisis Permodelan	86
Gambar 5.14	Input Faktor Skala Beban Gempa Arah X	87
Gambar 5.15	Input Faktor Skala Beban Gempa Arah Y	87
Gambar 6.1	Denah Rencana Pemasangan Pelat Precast	101

Gambar 6.2	Tipe Pelat yang Ditinjau	101
Gambar 6.3	Pengangkatan Berdasarkan PCI.....	105
Gambar 6.4	Sketsa Penumpukan Elemen Pelat Pracetak	108
Gambar 6.5	Pemasangan Pelat Pracetak	110
Gambar 6.6	Sketsa Pemasangan Pelat Pracetak	111
Gambar 6.7	Sketsa Pengecoran Overtopping Pelat	113
Gambar 6.8	Denah Pelat Konvensional.....	118
Gambar 6.9	Denah Rencana Struktur Tangga.....	123
Gambar 6.10	Perencanaan Dimensi Tangga	124
Gambar 6.11	Permodelan Struktur Tangga pada Sap 2000v.14.	124
Gambar 6.12	Hasil Momen pada Pelat Tangga.....	125
Gambar 6.13	Hasil Momen pada Pelat Bordes	125
Gambar 6.14	Dimensi Balok Bordes.....	131
Gambar 6.15	Hasil Momen Balok Bordes pada Tumpuan.....	132
Gambar 6.16	Hasil Momen Balok Bordes pada Lapangan	132
Gambar 6.17	Momen Pengangkatan Balok Berdasarkan PCI....	135
Gambar 6.18	Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Bordes	136
Gambar 6.19	Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Bordes	142
Gambar 6.20	Hasil Gaya Torsi maksimum pada Balok Bordes.	143
Gambar 6.22	Hasil Momen Maksimum pada Balok Penggantung Lift	148
Gambar 6.23	Hasil Gaya Geser Maksimum pada Balok Penggantung Lift.....	150
Gambar 6.24	Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Penggantung Lift.....	151
Gambar 6.25	Penulangan Balok Penggantung Lift	152
Gambar 6.26	Hasil Momen Maksimum pada Dinding Basement	153
Gambar 6.27	Denah Balok Anak yang Ditinjau.....	155
Gambar 6.28	Dimensi Balok Anak	156
Gambar 6.29	Hasil Momen Maksimum pada Balok Anak	157
Gambar 6.30	Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Anak...	158
Gambar 6.31	Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Anak ...	160

Gambar 6.32	Distribusi Beban Trapesium pada Balok Anak	161
Gambar 6.33	Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Anak .	162
Gambar 6.34	Sketsa Pemasangan Balok Anak	166
Gambar 6.35	Sketsa Pengecoran Balok Anak	169
Gambar 6.36	Penulangan Balok Anak.....	174
Gambar 6.37	Balok Kantilever yang Ditinjau.....	174
Gambar 6.38	Hasil Momen Maksimum pada Balok Kantilever	176
Gambar 6.39	Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Anak ..	177
Gambar 6.40	Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Kantilever	178
Gambar 6.41	Denah Balok Induk yang Ditinjau.....	179
Gambar 6.42	Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan Balok Induk.....	181
Gambar 6.43	Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri Balok Induk	182
Gambar 6.44	Hasil Output SAP Momen Lapangan Balok Induk	182
Gambar 6.45	Hasil Output SAP Gaya Geser Maksimum Kombinasi 1,2D + 1,0L	194
Gambar 6.46	Hasil Output SAP Gaya Aksial	195
Gambar 6.47	Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Induk ..	199
Gambar 6.48	Pembebanan Trapesium yang Diterima Balok Anak	200
Gambar 6.49	Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Induk.	201
Gambar 6.50	Perhitungan Inersia Balok Penampang T Terbalik	204
Gambar 6.51	Sketsa Pemasangan Balok Induk.....	206
Gambar 6.52	Momen Saat Pemasangan Balok Induk Pracetak .	208
Gambar 6.53	Sketsa Pengecoran Balok Induk.....	210
Gambar 6.54	Momen Saat Pengecoran Balok Induk Pracetak ..	213
Gambar 6.55	Potongan Kolom yang Ditinjau.....	217
Gambar 6.56	Diagram Aksial Kolom Atas	218
Gambar 6.57	Diagram Aksial Kolom Desain	218

Gambar 6.58	Diagram Aksial Kolom Bawah.....	218
Gambar 6.59	Konfigurasi Penulangan Kolom	219
Gambar 6. 60	Diagram Interaksi Pada Program PCA Coloumn..	221
Gambar 6.61	Output PCA Column Kolom Lantai Atas, Design, Bawah	222
Gambar 6.62	Diagram Geser Kolom Design	225
Gambar 7.1	Output Gaya Geser Balok Induk untuk Perhitungan Konsol Kolom.....	231
Gambar 7.2	Konsol Kolom	234
Gambar 7.3	Reinforced Concrete Bearing pada Balok Induk	234
Gambar 7.4	Panjang Penyaluran dan Kait Standar Balok	236
Gambar 7.5	Output Gaya Geser Balok Anak untuk Perhitungan Konsol Balok Induk	237
Gambar 7.6	Reinforced Concrete Bearing pada Balok Anak.....	240
Gambar 7.7	Panjang Penyaluran dan Kait Standar Balok	241
Gambar 7.8	Kedalaman Angkur Baut	242
Gambar 7.9	Bidang Kritis Tumpuan Pelat pada Balok	245
Gambar 7.10	Sambungan Antar Pelat	246
Gambar 7.11	Sambungan Pelat-Pelat.....	249
Gambar 8.1	Denah Rencana Pondasi	255
Gambar 8.2	Perhitungan Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang	257
Gambar 8.3	Gaya yang Terjadi Akibat Beban 1DL + 1LL.....	259
Gambar 8.4	Gaya yang Terjadi Akibat Beban 1,2DL + 1LL + 1Ex	260
Gambar 8.5	Gaya yang Terjadi Akibat Beban 1,2DL + 1LL + 1Ey	260
Gambar 8.6	Pondasi Tipe P1	261
Gambar 8.7	Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P1	262
Gambar 8.8	Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom	265
Gambar 8.9	Beban Terpusat Kolom Akibat Beban 1,2D + 1,6L	265
Gambar 8.10	Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom.....	266

Gambar 8.11 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang	267
Gambar 8.12 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	269
Gambar 8.13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	271
Gambar 8.14 Eksentrisitas Pondasi Gabungan	275
Gambar 8.15 Pondasi Tipe P2	276
Gambar 8.16 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P2.....	277
Gambar 8.17 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom.....	280
Gambar 8.18 Beban Terpusat Kolom 1 Akibat Beban 1,2D + 1,6L	280
Gambar 8.19 Beban Terpusat Kolom 2 Akibat Beban 1,2D + 1,6L	281
Gambar 8.20 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1	281
Gambar 8.21 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang	282
Gambar 8.22 Mekanika Gaya pada Poer Arah X.....	284
Gambar 8.23 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y.....	286
Gambar 8.24 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X	290
Gambar 8.25 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y	291
Gambar 8.26 Pondasi Tipe P3	292
Gambar 8.27 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P3.....	293
Gambar 8.28 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom.....	296
Gambar 8.29 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang	298
Gambar 8.30 Denah Sloof yang Ditinjau.....	304
Gambar 8.31 Diagram Interaksi Sloof	306
Gambar 9.1 Section yang Ditinjau	311
Gambar 9.2 Instalasi Tulangan Kolom	312
Gambar 9.3 Pemasangan Bekisting Kolom	312
Gambar 9.4 Pengecoran Kolom	313

Gambar 9.5	Pelepasan Bekisting Kolom.....	313
Gambar 9.6	Pemasangan Perancah untuk Balok.....	314
Gambar 9.7	Pengangkatan Balok Induk Pracetak	315
Gambar 9.8	Pemasangan Balok Induk Pracetak.....	315
Gambar 9.9	Pengangkatan Balok Anak Pracetak.....	316
Gambar 9.10	Pemasangan Balok Anak Pracetak	316
Gambar 9.11	Pemasangan Perancah Untuk Pelat.....	317
Gambar 9.12	Pengangkatan Pelat Pracetak	317
Gambar 9.13	Pemasangan Pelat Pracetak	318
Gambar 9.14	Pemasangan Tulangan Atas Balok Induk dan Anak	318
Gambar 9.15	Pemasangan Tulangan Overtopping Pelat	319
Gambar 9.16	Pemasangan Bekisting untuk Pekerjaan Overtopping	319
Gambar 9.17	Pengecoran Overtopping	320
Gambar 9.18	Pelepasan Bekisting Overtopping.....	321
Gambar 9.19	Pekerjaan Beton Pracetak Selesai.....	321

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pembagian Sistem Struktur Berdasarkan Wilayah Gempa	5
Tabel 2.2 Perbandingan Sistem Beton Konvensional Dengan Sistem Beton Pracetak	6
Tabel 4.1 Rekapitulasi Preliminary Design Dimensi Balok Induk	47
Tabel 4.2 Rekapitulasi Preliminary Design Dimensi Balok Anak	49
Tabel 5.1 Spesifikasi Lift Merk Sigma Iris	59
Tabel 5.2 Spesifikasi Lift Merk Sigma Iris (lanjutan).....	59
Tabel 5.3 Hasil uji tanah daerah Jambangan Surabaya	61
Tabel 5.4 Data Tanah Jalan Jambangan Surabaya	63
Tabel 5.5 Klasifikasi Situs Tanah	63
Tabel 5.6 Koefisien Siitus, F_a	64
Tabel 5.7 Koefisien Situs, F_v	65
Tabel 5.8 Hasil Spektrum Respon Desain.....	66
Tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada Lantai 1	69
Tabel 5.10 Kategori Resiko Bangunan untuk Beban Angin	77
Tabel 5.11 Faktor Arah Angin	78
Tabel 5.12 Klasifikasi Ketertutupan.....	78
Tabel 5.13 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas.....	79
Tabel 5.14 Koefisien Tekanan Dinding	80
Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Beban Angin	81
Tabel 5.16 Rekapitulasi Beban Angin Minimum.....	81
Tabel 5.17 Hasil Partisipasi Massa	88
Tabel 5.18 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x	90
Tabel 5.19 Koefisien Batas Atas Periode Dihitung.....	90
Tabel 5.20 Modal Load Participation Ratios.....	91
Tabel 5.21 Modal and Periods Frequencies	91
Tabel 5.22 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction FZ.....	93
Tabel 5.23 Hasil Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14	94
Tabel 5.24 Hasil Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran.....	95

Tabel 5.25 Penentuan Simpangan Antar Lantai.....	96
Tabel 5.26 Simpangan Ijin Antar Lantai.....	96
Tabel 5.27 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu X.....	97
Tabel 5.28 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y.....	97
Tabel 6.1 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Pracetak.....	117
Tabel 6.2 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Konvensional	122
Tabel 6.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes Sebelum Komposit	147
Tabel 6.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes Setelah Komposit	147
Tabel 6.5 Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Lift.....	152
Tabel 6.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit	173
Tabel 6.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Setelah Komposit	173
Tabel 6.8 Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Lift.....	179
Tabel 6.9 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa.....	182
Tabel 6.10 Konfigurasi Penulangan Balok Induk Memanjang B1	192
Tabel 6.11 Perhitungan Titik Berat Balok Penampang T Terbalik	204
Tabel 6.12 Perhitungan Momen Inersia Balok Penampang T Terbalik	205
Tabel 6.13 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit	216
Tabel 6.14 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Setelah Komposit	217
Tabel 8.1 Hasil Output Momen Pelat Tangga dan Bordes	125
Tabel 8.2 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	263
Tabel 8.3 Hasil Output SAP pada Joint 878 & 879	274
Tabel 8.4 Gaya yang terjadi pada Pondasi Gabungan	275
Tabel 8.5 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat	278

Tabel 8.6 Hasil Output SAP untuk Pondasi P3	289
Tabel 8.7 Gaya yang terjadi pada Pondasi Gabungan.....	291
Tabel 8.8 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat.....	294
Tabel 9.1 Kapasitas Angkat dan Radius Tower Crane.....	310
Tabel 10.1 Kesimpulan Penulangan Pelat.....	324
Tabel 10.2 Kesimpulan Penulangan Balok Anak.....	325
Tabel 10.3 Kesimpulan Penulangan Balok Induk	325
Tabel 10.4 Kesimpulan Perencanaan Pondasi.....	326

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya pembangunan di bidang konstruksi khususnya pada gedung bertingkat mendorong adanya inovasi yang diberikan dalam pembangunan tersebut. Inovasi yang diberikan dapat menghasilkan rancangan struktur yang ekonomis, dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien tanpa mengurangi kekakuan antar komponen struktur bangunan (R. Tito Hario Rahadi Tjitrosoma, 2012). Salah satu inovasi yang saat ini sudah lazim digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat yaitu dengan metode beton pracetak (*precast*) yang mampu memberikan keuntungan dalam dunia konstruksi.

Pada dasarnya sistem ini melakukan pengecoran komponen di tempat khusus di permukaan tanah (pabrikasi), lalu dibawa ke lokasi (transportasi) untuk disusun menjadi suatu struktur utuh (ereksi). Karena elemen-elemen beton pracetak diproduksi di pabrik, maka kualitas beton bisa lebih terjamin, hasil akhir elemen beton pada kualitas tinggi, dan proses produksi yang tidak ditentukan oleh kondisi cuaca. Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan di lapangan juga lebih sedikit, penghematan tenaga kerja sekitar 50- 80% untuk pekerjaan beton pracetak dibandingkan dengan beton konvensional. Selain itu, waktu pelaksanaan di lapangan untuk konstruksi beton pracetak bisa mencapai 20% lebih cepat dibandingkan dengan konstruksi yang sama menggunakan beton konvensional (Vidjeapriya dan Jaya, 2013).

Dalam penulisan tugas akhir terapan ini penulis melakukan modifikasi pada Gedung Hotel Namira Syariah Surabaya yang semula konstruksinya menggunakan metode cor setempat (*cast in site*) dan terdiri dari 1 lantai semi basement, 9 lantai hunian dan 1 lantai atap dengan total ketinggian $\pm 41,20$ m. Akan dihitung ulang dengan menggunakan beton pracetak (*precast*) pada balok, pelat, dan tangga.

Sementara untuk sistem struktur bangunan ini akan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus.

Perencanaan gedung perhotelan ini mengacu pada peraturan SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 7833-2012 tentang Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2012 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah beberapa masalah yang ditinjau dalam melakukan Desain Modifikasi Gedung Hotel Namira Syariah 9 Lantai di Surabaya dengan menggunakan metode pracetak yaitu :

1. Bagaimana merencanakan struktur gedung Hotel Namira Syariah 9 lantai dengan beton pracetak?
2. Bagaimana metode pelaksanaan beton pracetak pada gedung hotel Namira Syariah 9 lantai di Surabaya?
3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik dengan menggunakan program bantu Autocad?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari Desain Modifikasi Gedung Hotel Namira Syariah 9 Lantai di Surabaya dengan menggunakan metode pracetak yaitu :

1. Merencanakan *pre-liminary* desain elemen struktur
2. Membuat permodelan dan analisa struktur bangunan dengan program bantu
3. Merencanakan desain penulangan dan kontrol dari setiap elemen struktur
4. Merancang detailing sambungan komponen beton pracetak
5. Menyusun metode pelaksanaan komponen beton pracetak pada gedung hotel 9 lantai di Surabaya
6. Menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar teknik dengan menggunakan program bantu Autocad

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan dan permasalahan pada Desain Modifikasi Gedung Hotel 9 Lantai di Surabaya dengan menggunakan metode pracetak ini dibatasi oleh beberapa hal meliputi:

1. Beton pracetak yang digunakan adalah beton pracetak biasa (*non prestress*)
2. Elemen struktur yang menggunakan beton pracetak adalah balok, pelat lantai dan tangga, sementara kolom tetap menggunakan cor setempat
3. Desain modifikasi ini tidak termasuk memperhitungkan arsitektural, sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing dsb
4. Tidak menghitung rencana anggaran biaya (RAB), waktu, dan manajemen konstruksi
5. Program yang digunakan adalah SAP 2000, PCA Coloum dan Autocad

1.5 Manfaat

Manfaat dari pengerjaan tugas akhir terapan ini diharapkan dapat mendesain struktur gedung dengan menggunakan beton pracetak, serta dapat memahami secara detail tentang tata cara perencanaan struktur bangunan gedung pracetak yang sesuai dengan SNI 2847-2013, SNI 7833-2012, SNI 1726-2012 dan SNI 1727-2013.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Struktur beton pracetak adalah kumpulan dari elemen pracetak yang sesuai dan dihubungkan secara bersama-sama yang membentuk kerangka 3 dimensi yang mampu menahan beban gravitasi, angin bahkan beban gempa (Elliot, 2002). Karena struktur yang dibangun berada di wilayah rawan gempa, khususnya daerah Surabaya, maka struktur tersebut harus direncanakan mampu menahan gaya lateral yang bekerja. Sehingga dibutuhkan perencanaan sambungan yang mampu menyalurkan beban, menahan perpindahan, dan/atau memberikan stabilitas (PCI, 2010).

2.2 Sistem Struktur Gedung

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.2.2 suatu bangunan gedung diharuskan memiliki sistem struktur yang sesuai dengan faktor daya tahan terhadap gempa. Berikut adalah pembagian sistem struktur menurut wilayah gempanya :

***Tabel 2.1** Pembagian Sistem Struktur Berdasarkan Wilayah Gempa*

Intensitas Gempa	KDS	Sistem Struktur yang Diizinkan
Resiko Gempa Rendah	A,B	Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan dinding struktur dengan beton biasa
Resiko Gempa Sedang	C	Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus.

Resiko Gempa Tinggi	D,E,F	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktur Khusus dengan beton khusus.
---------------------	-------	--

2.3 Sistem Beton Pracetak

Sebagian besar dari elemen struktur pracetak dicetak ditempat tertentu (dapat dilokasi proyek ataupun diluar lokasi proyek yang memang pada umumnya memproduksi elemen-elemen beton pracetak). Selanjutnya komponen-komponen tersebut dipasang sesuai keberadaannya sebagai komponen struktur, sebagai bagian dari sistem struktur beton. Berikut table perbandingan antara sistem beton konvensional dengan sistem beton pracetak.

Tabel 2.2 Perbandingan Sistem Beton Konvensional Dengan Sistem Beton Pracetak

ITEM	KONVENSIONAL	PRACETAK
Desain	Sederhana	Mebutuhkan wawasan yang luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi sistem, transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dan sebagainya.
Bentuk dan ukurannya	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentang-bentang yang tidak mengulang.	Efisien untuk bentuk yang teratur/relatif besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang
Waktu Pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20-25%
Teknologi pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang mempunyai keahlian
Koordinasi Pelaksanaan	Kompleks	Lebih sederhana, karena semua pengecoran elemen struktur

		pracetak telah dilakukan di pabrik.
Pengawasan/kontrol kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan dengan cara terus menerus.	Sifatnya lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan oleh kualitas kontrol di pabrik.
Ketepatan/akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian pelaksana.	Karena dilaksanakan di pabrik, maka ketepatan ukuran lebih terjamin.
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena di kerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik.

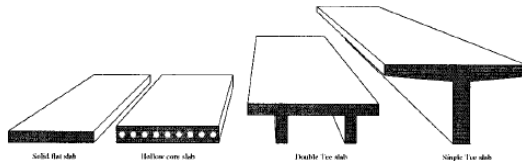
Sumber : M.Ali Affandi (2004)

2.4 Komponen Beton Pracetak

Komponen pracetak dapat diaplikasikan di berbagai macam struktur. Beberapa komponen struktur yang menggunakan pracetak dapat disebutkan antara lain :

a) Pelat

Pelat adalah struktur tipis yang dibuat dari beton dengan bidang yang horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus dengan bidang tersebut. Pada waktu pengangkutan atau sebelum komposit pelat beton pracetak, beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat, sedangkan beban total yang diterima oleh pelat terjadi saat pelat sudah komposit.. Menurut *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete 7th* ada beberapa jenis pelat beton pracetak :



Gambar 2.1 Macam-Macam Pelat Precast

1. *Hollow Core Slab*

Pelat tipe ini biasanya menggunakan kabel pratekan. Adanya lubang pada bagian tengah merupakan modifikasi dengan tujuan untuk mengurangi berat serta meningkatkan kapasitas lentur. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inci hingga 15 inci



Gambar 2.2 Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

2. *Solid Flat Slab*

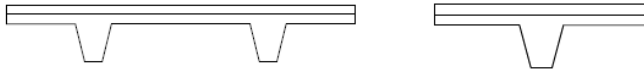
Pelat ini bisa berupa pelat beton bertulang biasa dengan lebar rata-rata 4 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inci hingga 8 inci. Umumnya bentang dari pelat ini antara 10 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.



Gambar 2.3 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Flat Slab*)

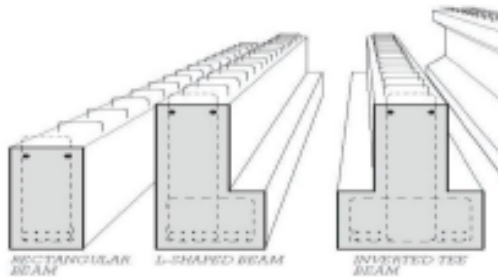
3. *Double Tees & Single Tee*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung. Kelebihan tipe pelat ini adalah mampu mengurangi penggunaan perancah pada saat pelaksanaan. Namun tipe pelat ini sangat mempengaruhi ketinggian antar lantai bangunan.



Gambar 2.4 Pelat Pracetak Double Tees dan Single Tee

b) Balok



Gambar 2.5 Macam-Macam Balok Precast

Balok memikul beban pelat dan berat sendiri. Selain itu, balok juga berfungsi untuk memikul beban-beban lain yang bekerja pada struktur tersebut. Untuk balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan :

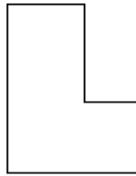
1. Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



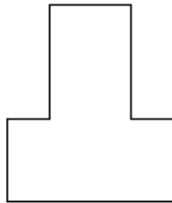
Gambar 2.6 Balok Berpenampang Persegi (*Rectangular Beam*)

2. Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2.7 Balok Berpenampang L (L-Shape Beam)

3. Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2.8 Balok Berpenampang T Terbalik (Inverted Tee Beam)

c) Tangga

Dalam pembuatan tangga precast biasanya dilakukan oleh subkontraktor yang sudah ahli dan berpengalaman, karena pengerjaannya sangat rumit dan butuh ketelitian sehingga nanti dapat diaplikasikan dengan mudah dan tidak terjadi kesalahan. Elemen tangga pracetak mempunyai 2 jenis yang biasa digunakan yaitu:

1. Anak Tangga dan Bordes Terpisah

Pada jenis ini anak tangga dan bordes dilakukan pabrikasi dengan dicor secara terpisah. Keuntungan dari penggunaan jenis ini adalah penggunaan bekisting yang sedikit dan mudah dilakukan.



Gambar 2.9 *Tangga Pracetak dengan Anak Tangga dan Bordes Terpisah*

2. Anak Tangga dan Bordes Menyatu

Pada jenis ini anak tangga dan bordes dilakukan pabrikan dengan dicor secara bersamaan sehingga menjadi satu kesatuan. Keuntungan dari penggunaan jenis ini adalah pemasangan lebih mudah dan strukturnya lebih kaku.



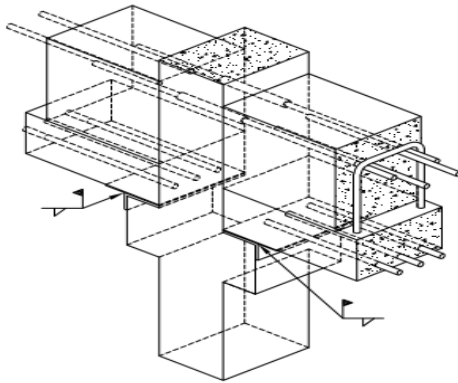
Gambar 2.10 *Tangga Pracetak dengan Anak Tangga dan Bordes Menyatu*

2.5 Perencanaan Sambungan

Sambungan merupakan bagian struktur yang paling penting dalam mentransfer gaya dan berperilaku sebagai penghubung disipasi energi antara komponen-komponen yang disambung. Terutama pada saat terdapat sambungan beton lama dan beton baru. Penempatan dan kekuatan sambungan perlu direncanakan dengan baik sehingga kehadirannya tidak menyebabkan keruntuhan prematur pada struktur (Nurjaman, 2000).

2.5.1 Sambungan dengan Cor Setempat

Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor setempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah.

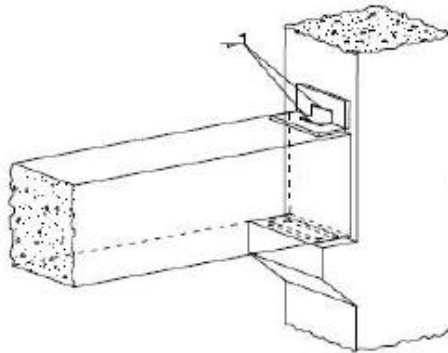


Gambar 2.11 Sambungan Basah (Cor In Situ)

2.5.2 Sambungan dengan Menggunakan Las atau Baut

Alat sambung kering dalam menyatukan komponen beton pracetak digunakan plat baja yang ditanamkan dalam beton dan ditempatkan pada ujung-ujung yang akan disatukan. Fungsi dari

plat baja ini adalah meneruskan gaya-gaya sehingga plat baja ini harus benar-benar menyatu dengan material beton. Dalam penyatuan komponen-komponen beton pracetak dapat digunakan alat sambung berupa baut atau las. Untuk menghindari terjadinya korosi pada plat baja, setelah proses penyambungan selesai maka lubang sambungan tersebut harus di-grouting. (Wulfrain, 2006)



Gambar 2.12 Tipe Sambungan Kering

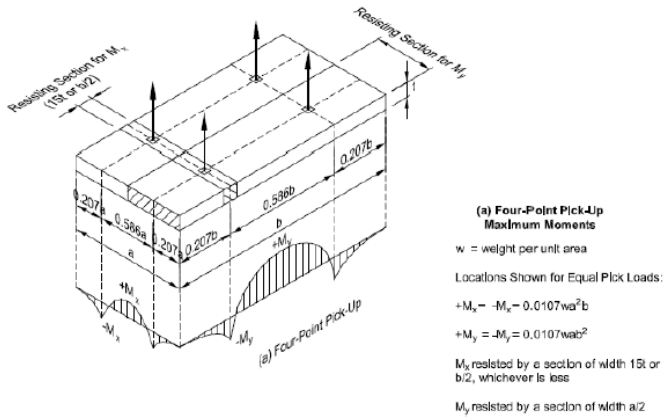
Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

2.6 Pengangkatan Komponen Pracetak

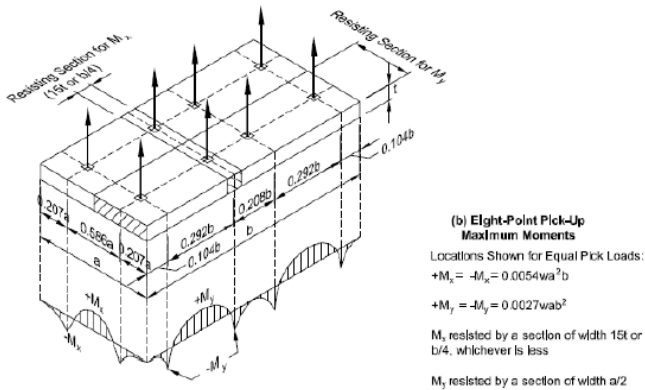
Proses pengangkatan dan penyimpanan elemen pracetak harus diperhatikan dengan baik. Hal tersebut perlu dilakukan untuk menjamin agar elemen pracetak tidak mengalami kerusakan/keretakan. Untuk itu, kita perlu memperhatikan hal-hal yang perlu diperhatikan hal-hal yang tertera pada *PCI Design Handbook 6th Edition*.

Berikut adalah beberapa tata cara mengangkat elemen beton pracetak sesuai *PCI Design Handbook 6th Edition* antara lain :

a) Pengangkatan Pelat Pracetak

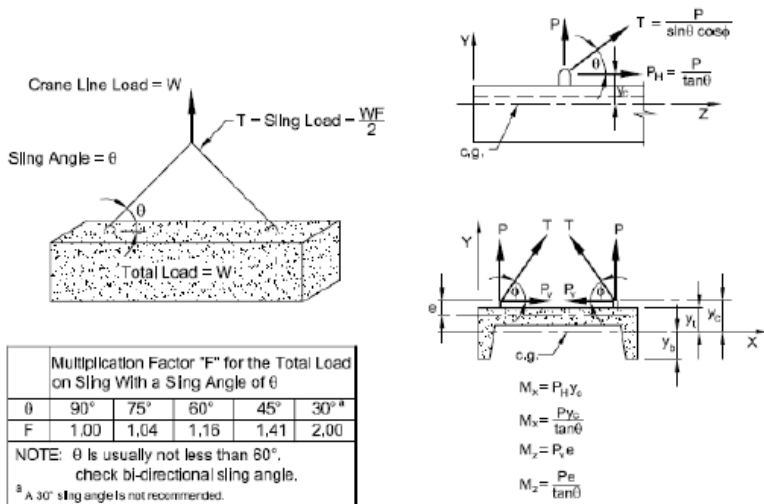


Gambar 2.13 Titik Angkat untuk Pelat Beton Pracetak dengan 4 Titik



Gambar 2.14 Titik Angkat untuk Pelat Beton Pracetak dengan 8 Titik

b) Pengangkatan Balok Pracetak



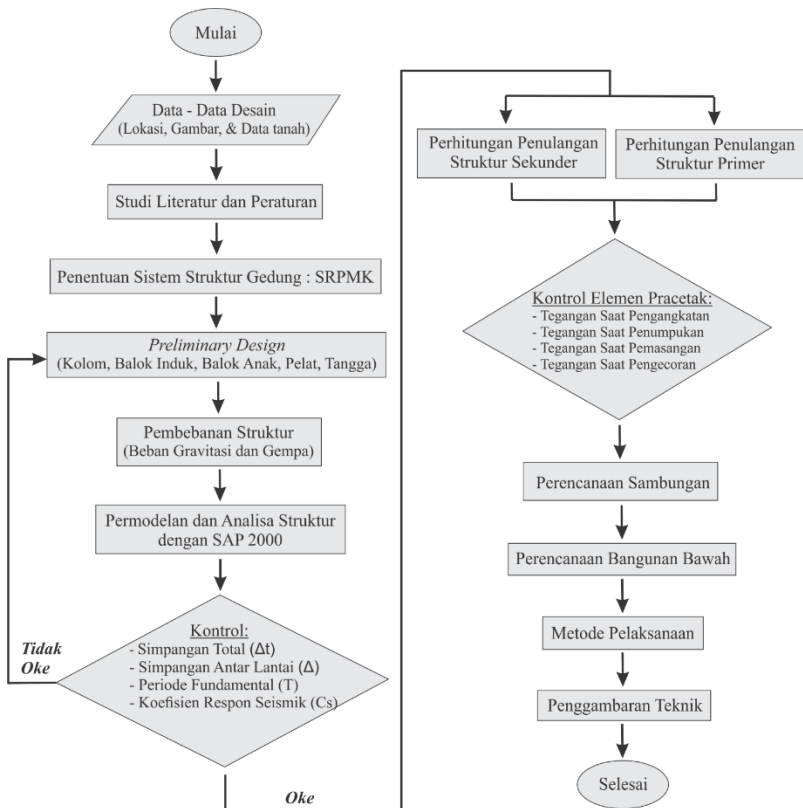
Gambar 2.15 Titik Angkat untuk Balok Beton Pracetak

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi ini menjelaskan urutan pelaksanaan dalam penyelesaian yang akan digunakan di penyusunan tugas akhir. Urutan yang digunakan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada alur dibawah ini, selanjutnya akan diikuti dengan penjelasan dari alur tersebut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

3.2 Data-Data Perencanaan

Data-data yang dikumpulkan merupakan data lapangan yang digunakan dalam perencanaan. Data tersebut berupa data tanah dan data gedung yang digunakan sebagai objek perencanaan ulang dalam hal ini Gedung Perhotelan di Surabaya, seperti site plan, denah, pembalokan serta data-data lain yang diperlukan. Selanjutnya akan dilakukan modifikasi dari eksisting gedung tersebut.

3.2.1 Data Umum Bangunan

Berikut data umum bangunan yang akan direncanakan :

1. Nama : Hotel Namira Syariah Surabaya
2. Fungsi Gedung : Perhotelan
3. Lokasi Gedung : Jl. Raya Wisma Pagesangan No. 203, Surabaya
4. Luas Bangunan : 19 m x 24 m
5. Tinggi Gedung : 41,20 m
6. Jumlah Lantai : 1 lantai semi basement, 9 lantai hunian dan 1 lantai atap
7. Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

3.2.2 Data Bahan

Berikut data bahan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur

1. Mutu Beton (f_c') : 30 MPa
2. Mutu Baja :
 - a. Ulir (f_y) : 400 MPa
 - b. Polos(f_y) : 240 MPa

3.2.3 Data Tanah

Data tanah berupa data SPT yang didapatkan dari laboratorium mekanika tanah Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ITS yang akan digunakan untuk perencanaan pondasi yang mendekati daerah gedung.



(a)



(b)

Gambar 3.2 Tampak Depan (a), Tampak Samping (b) Gedung Hotel Namira Syariah Surabaya

3.3 Studi Literatur dan Peraturan

Studi literature berisi serangkaian kegiatan mencari literatur dan peraturan yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun beberapa literatur dan peraturan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 7833-2012 tentang Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1726-2012 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
4. SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
5. *PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete.*
6. Purwono, R. 2010. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya. ITS Press.
7. Ervianto, W. I. 2006. Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting. Yogyakarta : Andi Yogyakarta.
8. Herman, W. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
9. Imran, I & Hendrik, F. 2014. Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang. Bandung. ITB

3.4 Penentuan Sistem Struktur Gedung

Perencanaan Gedung Perhotelan Surabaya ini akan dibangun pada lokasi dengan kondisi tanah daerah Jl. Jambangan, Surabaya. Sehingga diperoleh data sebagai berikut:

Tipe Bangunan : Gedung Perhotelan (Kategori Resiko II)

Klasifikasi Situs Tanah : SE (Tanah Lunak)

Sehingga sistem struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung ini adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

3.5 Preliminary Design

Preliminary Design merupakan perencanaan dimensi elemen-elemen struktur yang mencakup balok anak, balok induk, kolom, pelat dan tangga. Tahapan ini diperlukan dalam panduan perhitungan struktur dan analisa pada perencanaan dari gedung ini.

3.5.1 Pengaturan Denah

Pengaturan denah yang semula cor setempat akan dilakukan pada denah pembalokan dan pelat lantai yang bertujuan agar dapat menyesuaikan dengan perhitungan beton pracetak. Pengaturan denah ini juga memperhatikan fungsi dan tata ruang pada bangunan eksisting.

3.5.2 Penentuan Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat, langkah-langkah perhitungannya adalah :

1. Menentukan golongan pelat satu arah (*one way slab*) atau pelat dua arah (*two way slab*)
2. Tebal minimum pelat satu arah (*One-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)). Sedangkan untuk pelat dua arah menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi :
 - a. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2
 - 1) Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
 - 2) Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
 - b. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

(SNI 2847-2013 persamaan 9-12) dan tidak boleh kurang dari 125 mm)

- c. Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

(SNI 2847-2013 persamaan 9-13) dan tidak boleh kurang dari 90 mm)

Dimana :

h = tebal pelat

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek

l_n = bentang bersih arah memanjang panel pelat

α_m = nilai rata rata dari α untuk semua balok pada tepi dari suatu panel

$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cp} \cdot I_p} \rightarrow$ rasio kekakuan balok terhadap pelat

3.5.3 Penentuan Dimensi Tangga

Terdapat beberapa elemen dalam perencanaan struktur tangga yaitu diantaranya :

- a. Dimensi Anak Tangga

Penentuan lebar injakan dan tinggi tanjakan harus sesuai dengan persyaratan dibawah ini :

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

Dimana :

t = tinggi injakan (optrede) $\geq 22,5$ cm (untuk umum)

i = lebar injakan (antrede) $< 19,5$ cm (untuk umum)

b. Jumlah Anak Tangga

Penentuan jumlah tanjakan dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Jumlah tanjakan } (n_i) = \frac{\text{tinggi lantai}}{t}$$

Sedangkan jumlah injakan dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Jumlah injakan } (n_i) = (n_i) - 1$$

c. Panjang Horizontal Pelat Tangga

Untuk menghitung panjang pelat tangga dapat menggunakan rumus dibawah ini:

Panjang horizontal pelat tangga = i x jumlah tanjakan ke bordes

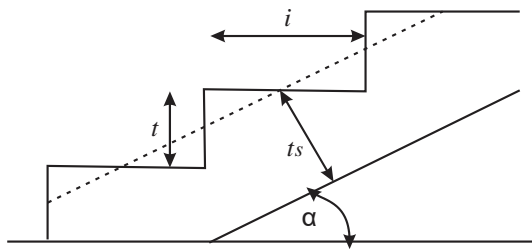
d. Sudut Kemiringan Tangga

Kemiringan tangga juga harus diperhatikan guna kenyamanan pemakai, kemiringan tangga harus sesuai dengan persyaratan di bawah ini :

$$25^\circ < \alpha < 40^\circ$$

Dimana :

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horizontal pelat tangga}}$$



Gambar 3.3 Sketsa Perencanaan Tangga

3.5.4 Penentuan Dimensi Balok

Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5(a) yaitu :

1. Digunakan apabila $f_y = 420$ Mpa

$$h_{min} = \frac{L}{16}$$

2. Digunakan untuk f_y selain 420 Mpa

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

3. Digunakan untuk nilai W_c 1440-1840 Kg/m³

$$h_{min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c)$$

3.5.5 Penentuan Dimensi Kolom

Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban semua lantai. Namun untuk perencanaan kekuatan kolom harus lebih kuat dari balok, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{E c_{col} \cdot I_{col}}{h_{col}} \geq \frac{E c_{blk} \cdot I_{blk}}{l_{blk}}$$

3.6 Pembebanan Struktur

Pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan terdiri dari beban mati (berat sendiri dan beban mati tambahan), beban hidup, dan beban gempa. Untuk kombinasi pembebanan mengacu pada beberapa peraturan yaitu SNI 2847-2012. Beban-beban yang bekerja secara detail dijabarkan sebagai berikut :

3.6.1 Beban Mati (DL)

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen – elemen tersebut diantaranya sebagai berikut :

- Beton : 2400 Kg/m³
- Tegel : 24 Kg/m²

- Spesi : 21 Kg/m²
- Pumbing : 25 Kg/m²
- Plafond + Penggantung : 18 Kg/m²
- Instalasi listrik, AC, dll : 40 Kg/m²
- Dinding : 250 Kg/m²

3.6.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- a. Beban hidup pada lantai lobi
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pembebanan yang ada SNI 1727-2013 yaitu sebesar 479 Kg/m²
- b. Beban hidup pada lantai hunian
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pembebanan yang ada SNI 1727-2013 yaitu sebesar 192 Kg/m²
- c. Beban hidup pada lantai atap gedung
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pembebanan yang ada SNI 1727-2013 yaitu sebesar 96 Kg/m²
- d. Beban hidup pekerja
Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pembebanan yang ada SNI 1727-2013 yaitu sebesar 100 Kg/m²

3.6.3 Beban Gempa

Peninjauan beban gempa pada perencanaan struktur bangunan menggunakan fungsi Respon Spectrum. Fungsi response spectrum ditetapkan sesuai peta wilayah gempa untuk daerah Surabaya-Jawa Timur. Berdasarkan SNI 1726-2012, zonasi peta gempa menggunakan peta gempa untuk probabilitas 2% terlampaui dalam 50 tahun atau memiliki periode ulang 2500 tahun. Langkah-langkah dalam menentukan beban gempa :

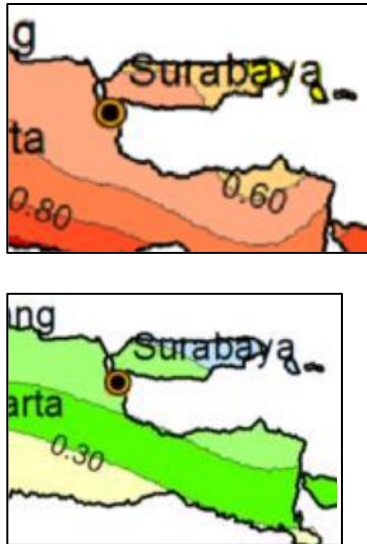
- 1) Menentukan kategori resiko bangunan gedung dan faktor keutamaan gempa.

Kategori resiko bangunan gedung untuk gempa dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 1. Sedangkan faktor

keutamaan bangunan dapat dilihat pada pasal 4.1.2 (SNI 1726:2012 Tabel 2). Gedung Namira Syariah direncanakan sebagai bangunan hunian (hotel) maka bangunan ini termasuk kategori II dan didapat nilai $I_e = 1$.

2) Menentukan parameter percepatan tanah (S_s & S_1)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pada pasal 14, untuk wilayah gempa Indonesia ditetapkan berdasarkan parameter S_s dan S_1 . S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat Peta Gempa Hazard Indonesia 2010 untuk gempa rencana 2500 tahun (2% dalam 50 tahun). Didapat nilai S_s ialah 0,7 dan S_1 ialah 0,25.



Gambar 3.4 Parameter Percepatan Tanah (S_s & S_1) di Surabaya

3) Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) (SNI 1726:2012 Pasal 5.3)

Penetapan kelas situs berdasarkan hasil analisa N-SPT. Klasifikasi kelas situs dapat dilihat pada SNI 1726:2012 tabel 3, sehingga didapatkan kelas situs bangunan SE (Tanah Lunak).

- 4) Percepatan respon spectrum MCE untuk periode singkat (S_{MS}) dan pada periode 1 detik (S_{M1}) dihitung berdasarkan SNI 1726-2012 persamaan 5 dan 6
- 5) Menghitung parameter percepatan spektral desain untuk periode singkat (S_{DS}) dan periode 1 detik (S_{D1}) dihitung sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 6.3 persamaan 7 dan persamaan 8
- 6) Menentukan kategori desain seismik (SNI 1726:2012 Pasal 6.5)
Kategori desain seismik (KDS) dapat dilihat pada SNI 1726:2012 Tabel 6 dan 7 berdasarkan nilai S_{DS} dan S_{D1} sehingga bangunan termasuk dalam KDS D.
- 7) Memilih faktor Koefisien modifikasi respons (R), Faktor pembesaran defleksi (C_d) dan Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2)

3.6.4 Kombinasi Pembebanan

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

3.7 Permodelan dan Analisa Struktur

Permodelan struktur gedung ini menggunakan program bantu SAP 2000. Struktur bangunan akan dimodelkan dengan *open frame*. Analisa gaya dalam dari permodelan struktur bangunan tersebut berupa gaya – gaya dalam bidang momen, geser, aksial dan torsi yang berasal dari kombinasi pembebanan yang menghasilkan gaya dalam maksimum.

3.8 Kontrol Persyaratan

Hasil analisis struktur bangunan gedung dikontrol terhadap persyaratan bangunan tahan gempa sesuai SNI 1726:2012, meliputi persyaratan:

- Simpangan antar lantai (Δ)
- Simpangan total (Δ_t)
- Periode waktu getar alami fundamental (T)
- Koefisien respon seismik (Cs)

Bila struktur bangunan dengan *open frame* tidak memenuhi persyaratan simpangan struktur (*drift*) maka struktur bangunan akan ditambahkan elemen shearwall sebagai perkuatan bangunan.

3.9 Perhitungan Struktur Sekunder

3.9.1 Penulangan Struktur Pelat

A. Penulangan Lentur Pelat

Perhitungan kebutuhan tulangan lentur pelat sesuai dengan peraturan SNI 2847:2013. Berikut langkah langkah perhitungan penulangan lentur struktur pelat :

- 1) Menghitung Momen Nominal (M_n)

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

- 2) Menghitung Koefisien Tahanan Momen (R_n)

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

- 3) Menghitung batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

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

- 4) Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan (ρ_{perlu})

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

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

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

- 5) Menghitung kebutuhan tulangan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

- 6) Cek kapasitas penampang

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 f'_c b}$$

$$\phi Mn = As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) > Mu \text{ (OKE)}$$

B. Penulangan Susut Pelat

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1, luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 menggunakan rasio tulangan minimum 0,002
- Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420 menggunakan rasio tulangan minimum 0,0018
- Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% menggunakan rasio tulangan minimum : $\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

C. Kontrol Retak

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.8.2.4 tulangan dari komponen struktur harus memberikan kekuatan desain :

$$\phi Mn \geq M_{cr}$$

Dimana M_{cr} harus diperoleh menggunakan modulus hancur, f_r yang diberikan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.2

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$$

dan,

$$f_r = 0,62\lambda\sqrt{f_c'}$$

dimana :

M_{cr} = momen retak

f_r = modulus hancur beton

I_g = momen inersia penampang beton bruto

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto ke muka Tarik

λ = faktor modifikasi (=1,0 untuk beton berat normal)

D. Kontrol Tegangan

- 1) Kontrol tegangan saat pengangkatan (umur 3 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{f_c' \times 0,4}$$

- 2) Kontrol tegangan saat penumpukan (umur 3 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{f_c' \times 0,4}$$

- 3) Kontrol tegangan saat pemasangan (umur 7 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{f_c' \times 0,65}$$

- 4) Kontrol tegangan saat pengecoran (umur 7 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{f_c' \times 0,65}$$

Keterangan :

W = momen tahanan = $\frac{1}{6} \times b \times h^2$

b = lebar elemen pracetak

h = tebal elemen pracetak

M = Momen ultimate

fr = modulus hancur beton

f'_c = kuat tekan beton

3.9.2 Penulangan Struktur Tangga

Penulangan pada struktur tangga mempunyai prinsip yang sama dengan penulangan pada elemen struktur pelat

3.10 Perhitungan Struktur Primer

3.10.1 Penulangan Struktur Balok

A. Penulangan Lentur Balok

Berikut langkah-langkah pengerjaan perencanaan penulangan balok induk :

- 1) Didapatkan nilai Mu yang didapat dari momen tumpuan dan lapangan balok pada program SAP2000
- 2) Menghitung Momen Nominal (Mn)

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

- 3) Menghitung Koefisien Tahanan Momen (Rn)

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

- 4) Menghitung batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

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

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

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

- 5) Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan (ρ_{perlu})

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c}$$

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

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

- 6) Menghitung kebutuhan tulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana A_s tidak boleh kurang dari SNI 2847-2013 Pasal 10.5.1

- 7) Kontrol Regangan

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c b}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05x \left(\frac{f'_c - 28}{7} \right)$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

- Regangan tarik

$$\varepsilon_t = 0,003x \left(\frac{d - c}{c} \right)$$

- 8) Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{1}{2} a \right)$$

B. Penulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-1 yaitu harus memenuhi

$$\phi V_n \geq V_u,$$

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s)

$$V_n = V_c + V_s$$

dan untuk

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

dimana:

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u	= kuat geser terfaktor pada penampang
V_c	= Kuat geser beton
V_s	= Kuat geser nominal tulangan geser
ϕ	= reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

C. Penulangan Torsi Balok

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila :

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right)}$$

Perencanaan penampang terhadap torsi :

$$T_u \leq \phi T_n$$

Tulangan sengkang untuk puntir :

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y}{s} \cot \theta$$

Dimana :

T_u = Momen torsi terfaktor

T_n = Kuat momen torsi

T_c = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

A_0 = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm^2

D. Kontrol Tegangan

- 1) Kontrol tegangan saat pengangkatan (umur 3 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{f_c'} \times 0,4$$

- 2) Kontrol tegangan saat penumpukan (umur 3 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{f_c'} \times 0,4$$

- 3) Kontrol tegangan saat pemasangan (umur 7 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7 \sqrt{f_c'} \times 0,65$$

- 4) Kontrol tegangan saat pengecoran (umur 7 hari)

$$\sigma = \frac{M}{W} < fr = 0,7\sqrt{f'_c} \times 0,65$$

Keterangan :

$$W = \text{momen tahanan} = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

b = lebar elemen pracetak

h = tebal elemen pracetak

M = Momen ultimate

fr = modulus hancur beton

f'c = kuat tekan beton

3.10.2 Penulangan Struktur Kolom

Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.1. Sedangkan untu perhitungan tulangan geser harus sesuai SNI 2847-2013 pasal 23.5.1

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

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

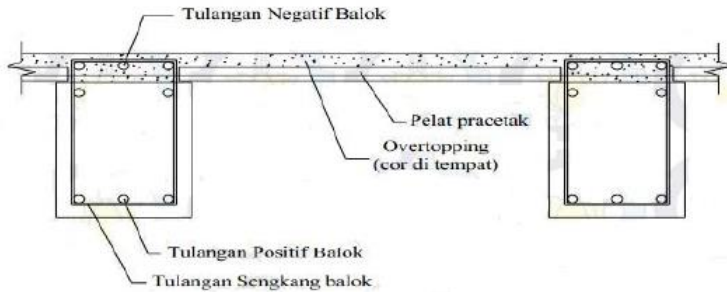
Dimana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa Mnc harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak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

3.11 Perencanaan Sambungan

3.11.1 Sambungan Pelat Pracetak dan Balok Pracetak

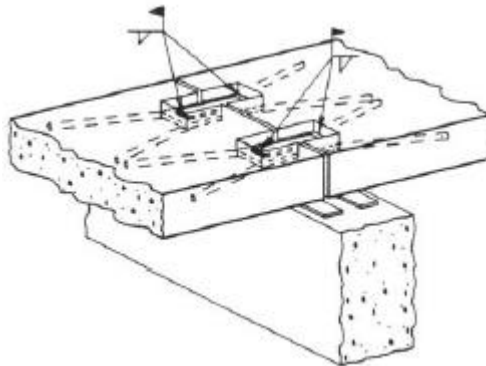
Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak dapat menggunakan sambungan basah yang diberi overtopping yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm. Pendetailan tulangan sambungan yang dihubungkan atau diikat secara efektif menjadi

satu kesatuan, sesuai dengan aturan yang diberikan dalam SNI 03-2847-2013 pasal 7.13.



Gambar 3.5 Sambungan Pelat Pracetak dan Balok Pracetak

Selain sambungan basah, dapat digunakan sambungan las seperti gambar dibawah ini. Tipe sambungan ini dapat mengurangi penggunaan beton untuk overtopping karena sudah tidak diperlukan.

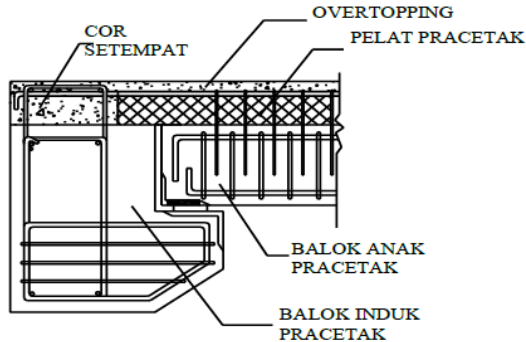


Gambar 3.6 Sambungan Kering Pada Pelat dengan Balok

3.11.2 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

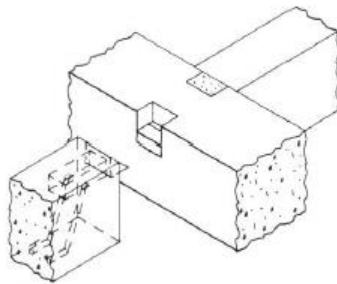
Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan

perencanaan konsol pada kolom. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013.

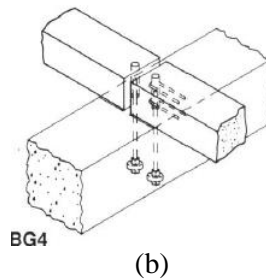


Gambar 3.7 Sambungan Balok Induk dan Balok Anak

Selain tipe sambungan diatas juga memungkinkan adanya sambungan kait dan dowel seperti gambar dibawah. Namun pada penggunaan sambungan dowel, balok anak diletakkan diatas balok induk sehingga dapat meningkatkan tinggi bangunan. Selain itu kedua tipe sambungan ini sangat rentan terhadap korosi atau api.



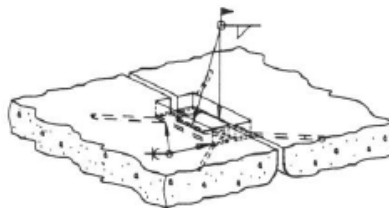
(a)



Gambar 3.8 Tipe sambungan dengan kait (a), Tipe sambungan dengan dowel (b) pada balok induk dengan balok anak

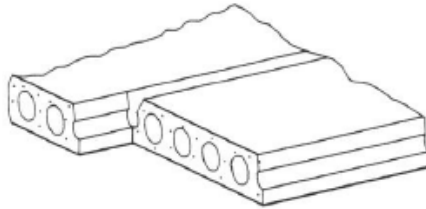
3.11.3 Sambungan Antar Pelat Pracetak

Pada perencanaan pelat akan direncanakan tipe pelat satu arah sehingga memungkinkan adanya sambungan antara elemen pracetak. Sambungan tersebut dapat berupa sambungan basah dan sambungan kering. Untuk sambungan kering pelat dengan pelat dapat menggunakan pelat siku yang kemudian dilengkapi sambungan las. Pada bagian pelat pracetak dipasang pelat siku yang ditanam didalam beton pracetak, sedangkan untuk menyambunginya digunakan pelat baja yang dipasang diatas bagian yang telah dipasang pelat siku. Kemudian pada bagian atas pelat siku dilakukan pengelasan sepanjang perimeter plat baja yang telah dipasang diatas pelat siku setebal 5mm.



Gambar 3.9 Sambungan Las Antar Pelat Precast

Selain itu, Sambungan pada pelat yang biasa digunakan pada pelat tipe solid dan *hollow-core slab* adalah dengan sambungan basah dengan penambahan material kunci geser. Ukuran dan bentuk kuncinya bervariasi dengan tipe produknya. Setelah itu diisi dengan grouting semen pasir



Gambar 3.10 Sambungan dengan Grouting Antar Pelat Precast

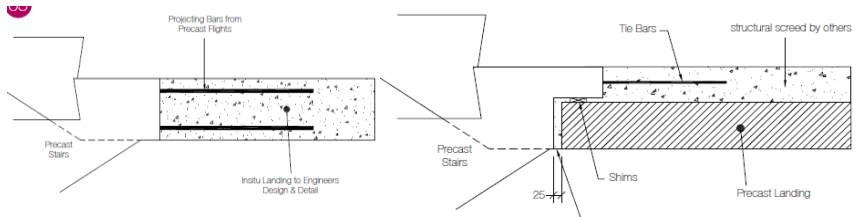
Sambungan basah lainnya yang biasa digunakan adalah dengan menyediakan tulangan dengan panjang tertentu yang merupakan sisa atau perpanjangan dari tulangan elemen precast. Sambungan antar pelat precast memiliki spasi sebesar 20 mm, yang kemudian antar tulangan saling dibengkokkan seperti yang terlihat pada gambar 3.11. Setelah itu ditutup dengan *overtopping*.



Gambar 3.11 Sambungan Basah pada Pelat Precast

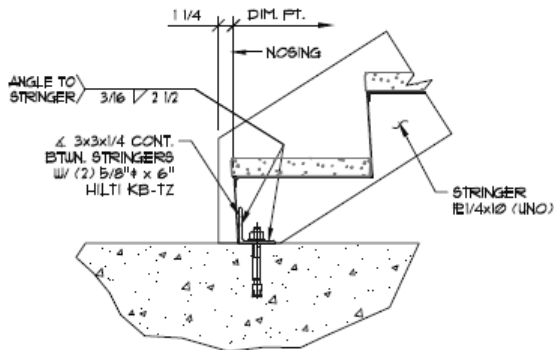
3.11.4 Sambungan Pada Tangga Precast

Untuk perencanaan sambungan pada tangga precast dapat dilakukan penyambungan dengan sambungan basah seperti dibawah ini :

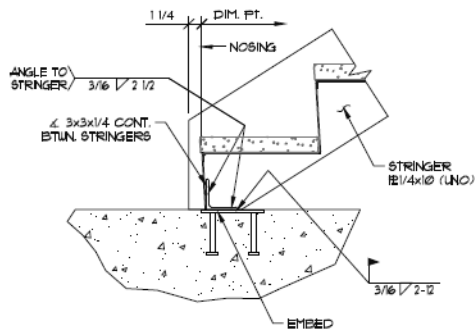


Gambar 3.12 Sambungan Basah pada Tangga Pracetak

Sedangkan untuk sambungan kering dapat digunakan metode pengelasan dan baut seperti gambar 3.13 dan 3.14.



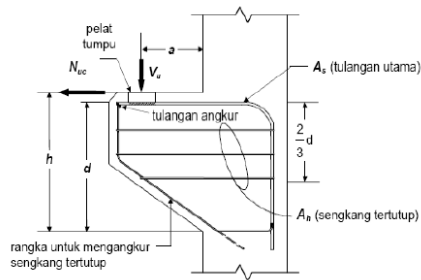
Gambar 3.13 Sambungan Tangga Precast dengan Baut



Gambar 3.14 Sambungan Precast dengan Embed

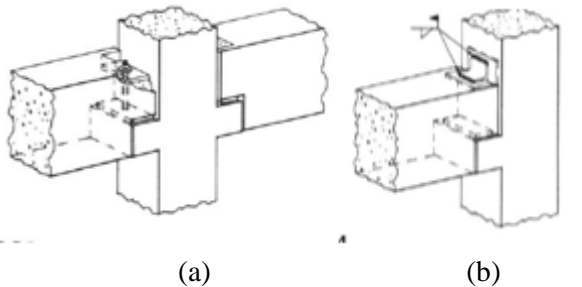
3.11.5 Sambungan Balok Induk dan Kolom

Pada perancangan sambungan balok dan kolom dapat menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakkan pada konsol pendek pada kolom kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Namun sambungan ini memiliki kekurangan yaitu dapat mengurangi tinggi antar lantai yang dikarenakan adanya tonjolan pada muka kolom. Perencanaan konsol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.8 mengenai ketentuan khusus untuk konsol pendek.



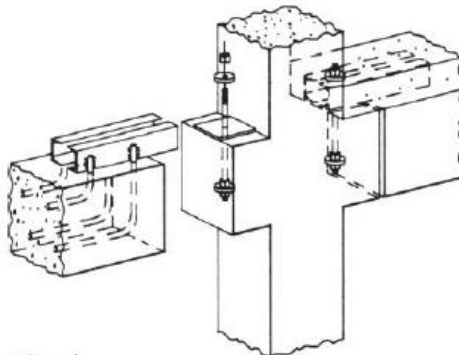
Gambar 3.15 Sambungan Konsol Pendek

Selain menggunakan konsol pendek, sambungan antara balok induk dengan kolom dapat menggunakan sambungan las, baut dan dowel. Jenis sambungan kering ini mempunyai keuntungan yaitu mampu memungkinkan pengerjaan yang cepat dan mudah.



Gambar 3.16 Tipe sambungan dengan baut, dowel (a), Tipe sambungan dengan las (b) pada balok induk dengan kolom

Tipe sambungan kering pada balok induk dengan kolom juga dapat menggunakan sambungan kait. Jenis sambungan ini sangat cocok digunakan untuk situasi khusus dimana ruang kepala sambungan yang terbatas. Keuntungan penggunaan tipe ini memberikan pemasangan yang cepat dan mudah pula. Sambungan yang tersembunyi dan terlindungi setelah topping ditempatkan.



Gambar 3.17 Tipe sambungan kait pada balok induk dengan kolom

3.12 Perencanaan Bangunan Bawah

3.12.1 Perencanaan Dinding Basement

Struktur basement direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor di lokasi. Ketebalan dinding basement dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847 - 2013 pasal 14.5.3.2. Penulangan dinding basement dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847 - 2013.

3.12.2 Perencanaan Pondasi

A. Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang menggunakan data SPT tanah yang telah didapatkan. Dengan menggunakan rumus persamaan Luciano Decourt (1982).

$$Q_L = Q_s + Q_p$$

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$$

$$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4B diatas hingga 4B di bawah pondasi

B = Diameter dasar pondasi

K = Koefisien karakteristik tanah

$$12 \text{ t/m}^2 = 117,7 \text{ kPa (lempung)}$$

$$20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa (lanau berlempung)}$$

$$25 \text{ t/m}^2 = 245 \text{ kPa (lanau berpasir)}$$

$$40 \text{ t/m}^2 = 392 \text{ kPa (pasir)}$$

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = Tegangan di ujung tiang

N_s = Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan

$$3 \leq N_s \leq 50$$

A_s = Luas selimut tiang

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral t/m²

α dan β = Koefisien berdasarkan tipe pondasi dan jenis tanah

B. Daya Dukung Grup Tiang Pancang

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

Dimana :

Q_L = daya dukung tiang pancang

N = jumlah tiang dalam grup

C_e = efisiensi grup tiang pancang

Untuk mendapatkan nilai efisiensi grup tiang pancang dapat menggunakan *conversi-Labarre* yaitu :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90} \cdot \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

Dimana :

m = Jumlah baris tiang dalam grup

- n = Jumlah kolom tiang dalam grup
d = Diameter sebuah tiang pondasi
s = Jarak as ke as tiang dalam grup

C. Kontrol Geser Ponds pada Poer

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(a)

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(b)

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f_c'} b_o d$$

SNI 2847:2013 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = keliling pada penampang kritis pada poer
= $2(b_{kolom}+d) + 2(h_{kolom}+d)$

α_s → 30, untuk kolom tepi
→ 40, untuk kolom tengah
→ 20, untuk kolom pojok

$\phi V_c > P_u$OK (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)

“Halaman sengaja dikosongkan”

BAB IV

PRELIMINARY DESIGN

4.1 Umum

Preliminary design merupakan tahapan perhitungan dalam perancangan untuk merencanakan dimensi awal dari suatu elemen struktur. Perhitungan *Preliminary Design* mengikuti peraturan SNI 03-2847-2013.

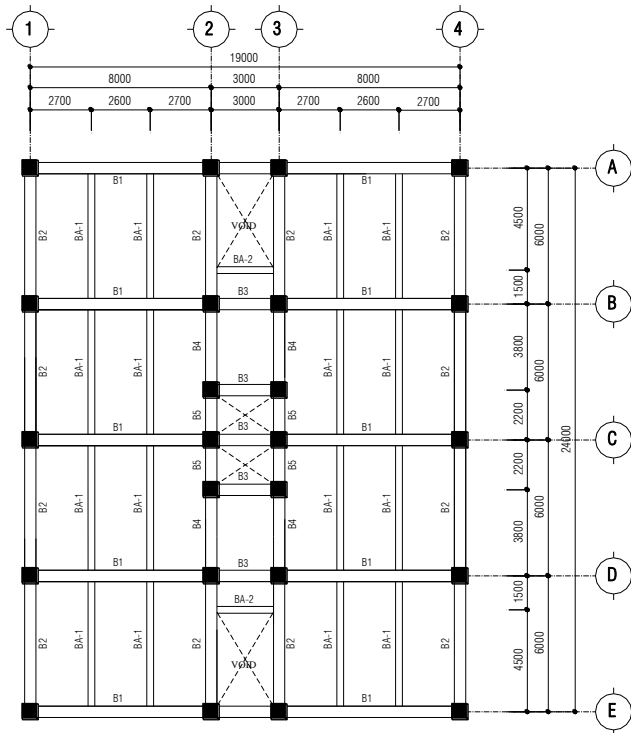
4.2 Data Perencanaan

Sebelum melakukan *preliminary design* maka perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan serta data beban yang diterima oleh gedung. Pada perencanaan tugas akhir ini menggunakan gedung Hotel Namira Syariah akan dimodifikasi menggunakan beton pracetak dengan data perencanaan sebagai berikut:

1. Fungsi : Hotel
2. Alamat : Jl. Raya Wisma Pagesangan No. 203
3. Jumlah Lantai : 1 basement + 9 lantai + 1 atap
4. Ketinggian Lantai: a. Lt. basement = 2,8 m
b. Lt. 1 - Lt. 2 = 4,0 m
c. Lt. 3 – Lt. 9 = 3,8 m
d. Lt. Atap = 3,8 m
5. Tinggi Bangunan : 41,2 m
6. Mutu Beton (f_c') : 35 MPa
7. Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
8. Letak Bangunan : Jauh dari pantai

4.3 Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi pada tugas akhir ini menggunakan balok dengan penampang berbentuk persegi (*rectangular beam*). Penentuan dimensi dan persyaratan balok mengacu pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1, 21.5.1.2 & 21.5.1.2.



Gambar 4.1 Denah Rencana Pembalok

A. Dimensi Balok Induk

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana sehingga digunakan persyaratan SNI 2847-2013 Tabel 9.5.a untuk f_y selain 420 MPa:

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

Untuk lebar balok induk :

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

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok
 L = panjang balok
 f_y = tegangan leleh baja

Balok Induk Memanjang (B1), L=8m

$$h_{min} = \frac{800}{16} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 48,6 \text{ cm}, \rightarrow h = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} (70) = 46,67 \text{ cm}, \rightarrow b = 50 \text{ cm}$$

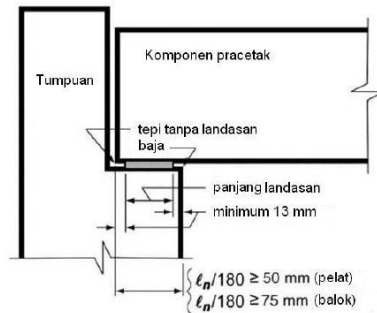
Maka direncanakan balok B1 dengan dimensi 50/60

Untuk perhitungan balok induk yang lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.1 Rekapitulasi Preliminary Design Dimensi Balok Induk

Kode Balok Induk	Bentang Kotor (L)	h_{min}	h_{pakai}	b	b_{pakai}	Dimensi
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
B1	800	48.6	70	46.7	50	50 / 70
B2	600	36.4	70	46.7	50	50 / 70
B3	300	18.2	70	46.7	50	50 / 70
B4	380	23.1	70	46.7	50	50 / 70
B5	220	13.4	70	46.7	50	50 / 70

Dimensi balok induk diatas merupakan dimensi balok induk normal. Untuk kebutuhan pracetak akan ditambah dimensinya karena menjadi tumpuan balok anak. Balok induk akan diberi panjang landasan dengan dimensi sesuai SNI 7833-2012 pasal 4.6.2



Gambar 4.2 Panjang Landasan Minimum

Panjang landasan minimum untuk tumpuan:
Balok Induk Memanjang ($B1 L_n = 7300\text{mm}$)

$$l_{\text{landasan}} = \frac{l_n}{180} \geq 75\text{mm}$$

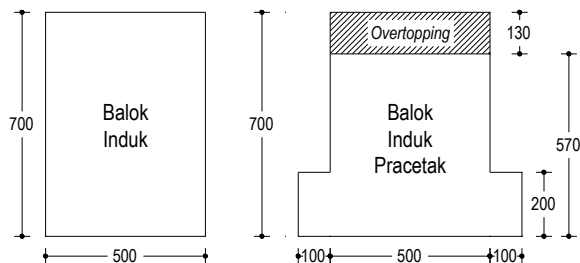
$$l_{\text{landasan}} = \frac{7300}{180} \geq 75\text{mm}$$

$$l_{\text{landasan}} = 40,5 \text{ mm} \leq 75\text{mm}$$

$$t_{\text{landasan}} = h_{b.\text{induk}} - h_{b.\text{induk}}$$

$$t_{\text{landasan}} = 700 \text{ mm} - 500 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan panjang landasan 100 mm dan tinggi landasan 200 mm



Gambar 4.3 Perbandingan Dimensi Balok Normal dengan Balok Pracetak

B. Dimensi Balok Anak

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan menerus sehingga digunakan persyaratan SNI 2847-2013 Tabel 9.5.a untuk f_y selain 420 MPa:

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

Untuk lebar balok anak :

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

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

L = panjang balok

f_y = tegangan leleh baja

Balok Anak Melintang (BA-1), L=6m

$$h_{min} = \frac{600}{21} \left(0,4 + \frac{400}{700} \right) = 27,8 \text{ cm}, \rightarrow h = 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3}(50) = 33,3 \text{ cm}, \rightarrow b = 30 \text{ cm}$$

Maka direncanakan balok BA1 dengan dimensi 30/50

Untuk perhitungan balok induk yang lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2 Rekapitulasi Preliminary Design Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang Kotor (L)	h_{min}	h_{pakai}	b	b_{pakai}	Dimensi
	cm	cm	cm	cm	cm	cm
BA1	600	27.8	50	33.3	30	30 / 50
BA2	300	13.9	50	33.3	30	30 / 50
BA3	100	4.6	50	33.3	30	30 / 50

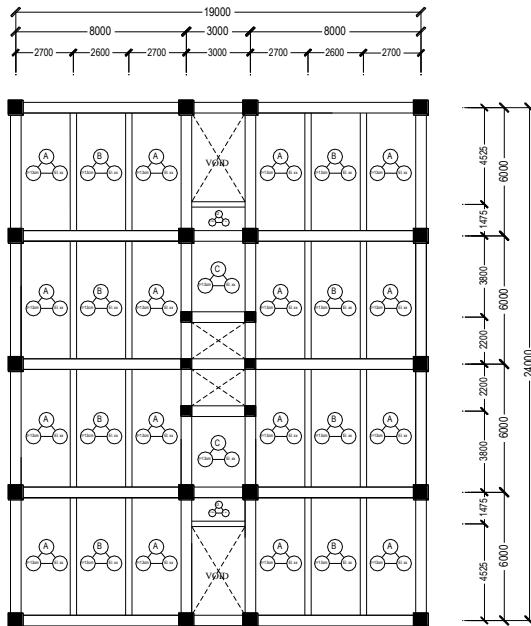
4.4 Perencanaan Tebal Pelat Lantai

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai ketika komposit dengan 4 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

- SA = 270cm x 600cm
- SB = 260cm x 600cm
- SC = 300cm x 380cm
- SD = 150cm x 300cm

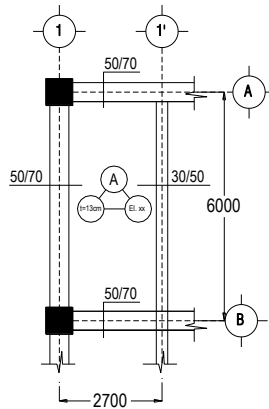
Tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 35 Mpa
- Mutu baja (f_y) = 400 Mpa.



Gambar 4.4 Denah Rencana Pelat

Untuk perencanaan tebal pelat, diambil pelat dengan dimensi terluas yaitu tipe SA



Gambar 4.5 Potongan Pelat yang Ditinjau

Dalam tugas akhir ini tipe pelat SA dengan dimensi yaitu 270cm x 600cm dengan asumsi awal tebal pelat 13cm digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat sehingga nilai l_n dan S_n yaitu :

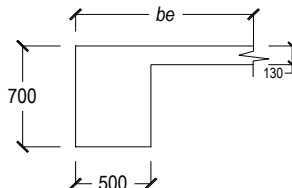
$$l_n = 600 - \frac{50}{2} - \frac{50}{2} = 550 \text{ cm}$$

$$S_n = 270 - \frac{50}{2} - \frac{30}{2} = 230 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{l_n}{S_n} = \frac{550}{230} = 2,39 \geq 2, \rightarrow \text{pelat 1 arah}$$

Perhitungan lebar sayap efektif :

- Pada As 1 joint A-B (balok kiri)



$$be = bw + hw = 50 + (70 - 13) = 107 \text{ cm}$$

$$be = bw + 4hf = 50 + 4(13) = 102 \text{ cm}$$

Maka dipakai nilai $be = 102 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{102}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{13}{70}\right) + 4 \left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{102}{70} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{102}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)}$$

$$k = 1,49$$

$$I_{balok} = k \cdot bw \cdot \frac{h^3}{12} = 1,49 \cdot (50) \cdot \frac{(70)^3}{12}$$

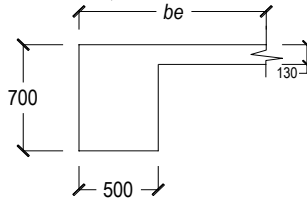
$$I_{balok} = 2130234 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{bp \cdot hf^3}{12} = \frac{0,5(270) \cdot 13^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 24716,25 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{2130234}{24716,25} = 86,2$$

- Pada As A joint 1-1' (balok atas)



$$be = bw + hw = 50 + (70 - 13) = 107 \text{ cm}$$

$$be = bw + 4hf = 50 + 4(13) = 102 \text{ cm}$$

Maka dipakai nilai $be = 102 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{102}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{13}{70}\right) + 4 \left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{102}{70} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{102}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)}$$

$$k = 1,49$$

$$I_{balok} = k \cdot bw \cdot \frac{h^3}{12} = 1,49 \cdot (50) \cdot \frac{(70)^3}{12}$$

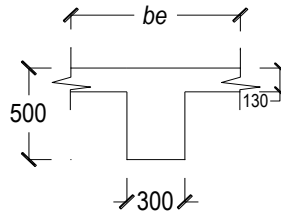
$$I_{balok} = 2130234 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{bp \cdot hf^3}{12} = \frac{0,5(600) \cdot 13^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 54925 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_2 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{2130234}{54925} = 38,8$$

- Pada As 1' joint A-B (balok kanan)



$$be = bw + 2hw = 30 + 2(70 - 13) = 104 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8hf = 30 + 8(13) = 134 \text{ cm}$$

Maka dipakai nilai $be = 104 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{104}{30} - 1\right) \left(\frac{13}{50}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{13}{50}\right) + 4 \left(\frac{13}{50}\right)^2 + \left(\frac{104}{30} - 1\right) \left(\frac{13}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{104}{30} - 1\right) \left(\frac{13}{50}\right)}$$

$$k = 2,08$$

$$I_{balok} = k \cdot bw \cdot \frac{h^3}{12} = 2,08 \cdot (30) \cdot \frac{(50)^3}{12}$$

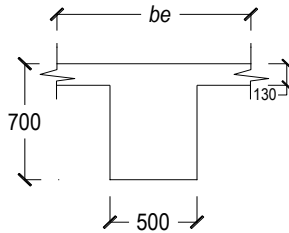
$$I_{balok} = 648749,93 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{bp \cdot hf^3}{12} = \frac{0,5(270 + 260) \cdot 13^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 48517,08 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_3 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{648749,93}{48517,08} = 13,4$$

- Pada As B joint 1-1' (balok bawah)



$$be = bw + 2hw = 50 + 2(70 - 13) = 164 \text{ cm}$$

$$be = bw + 8hf = 50 + 8(13) = 154 \text{ cm}$$

Maka dipakai nilai $be = 154 \text{ cm}$

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{154}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right) \left[4 - 6\left(\frac{13}{70}\right) + 4\left(\frac{13}{70}\right)^2 + \left(\frac{154}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{154}{50} - 1\right) \left(\frac{13}{70}\right)}$$

$$k = 1,85$$

$$I_{balok} = k \cdot bw \cdot \frac{h^3}{12} = 1,85 \cdot (50) \cdot \frac{(70)^3}{12}$$

$$I_{balok} = 26338603,1 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = \frac{bp \cdot hf^3}{12} = \frac{0,5(600 + 600) \cdot 13^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 109850 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_4 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{26338603,1}{109850} = 24$$

Dari keempat balok diatas didapatkan rata-rata :

$$\alpha_m = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4$$

$$\alpha_m = 86,2 + 38,8 + 13,4 + 24 = 40,6$$

Karena $\alpha_m = 40,6 > 2,0$ maka perhitungan tebal pelat menggunakan persamaan 9-13 SNI 2847-2013 :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

$$h = \frac{550 \left(0,8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9(2,08)}$$

$$h = 10,4 \text{ cm}$$

Sehingga menggunakan tebal pelat sebesar 13 cm.

Perincian elemen pelat yang merupakan pelat pracetak adalah:

- Untuk lantai 1-9

Tebal pelat pracetak	= 8 cm
Tebal <i>overtopping</i>	= 5 cm
- Untuk lantai atap

Tebal pelat pracetak	= 8 cm
Tebal <i>overtopping</i>	= 5 cm

4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

a. Data perencanaan

Tipe Kolom = K1 (lantai basement-2)

Tinggi kolom (L_{kolom}) = 400 cm

Bentang balok (L_{balok}) = 800 cm

Lebar balok (b_{balok}) = 50 cm

Tinggi balok (h_{balok}) = 70 cm

b. Perhitungan perencanaan

$$\left(\frac{EI}{L}\right)_{\text{kolom}} \geq \left(\frac{EI}{L}\right)_{\text{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot b_k \cdot h_k^3}{L_k} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b_b \cdot h_b^3}{L_b}$$

Dimana $h_{\text{kolom}} = b_{\text{kolom}}$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot h_k^4}{L_k} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot b_b \cdot h_b^3}{L_b}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \cdot h_k^4}{400} \geq \frac{\frac{1}{12} \cdot 50 \cdot 70^3}{800}$$

$$h_k^4 \geq 8575000 \text{ cm}^4$$

$$h_k \geq 54,11 \text{ cm}$$

$$h_k \approx 70 \text{ cm} = b_k$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 70/70. Perhitungan yang sama dilakukan pada tipe kolom K2 (lantai 3-atap) dengan tinggi kolom 3,8 m. Sehingga menggunakan ukuran kolom 70/70 cm

4.6 Perencanaan Dimensi Dinding Basement

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.2 yang menyatakan *bahwa tebal dinding basement eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm*. Dinding basement yang dipakai 300 mm.

BAB V ANALISA STRUKTUR

5.1 Pembebanan

Analisis struktur gedung pada tugas akhir ini menggunakan program bantu SAP 2000. Setelah permodelan struktur dibuat, perlu dilakukan perhitungan beban-beban rencana yang menjadi data yang akan dimasukkan ke dalam program tersebut. Beban-beban yang dimasukkan meliputi, beban mati, beban hidup, dan beban gempa.

5.1.1 Beban Mati (DL)

Beban mati meliputi berat sendiri elemen struktur dan beban mati tambahan. Berat sendiri elemen struktur akan diperoleh dari permodelan struktur pada program SAP. Sedangkan untuk rincian dari beban mati tambahan adalah sebagai berikut:

- a. Berat Sendiri (*Selfweight*)
Berat jenis beton : 2400 kg/m^3
- b. Beban Mati Tambahan untuk lantai 1-9
 - Beban keramik : **$20,5 \text{ kg/m}^2$** berdasarkan data dari brosur tipe keramik *Venus Tiles VHS-307-DBK* dengan ukuran $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$
 - Beban spesi : **5 kg/m^2** berdasarkan data dari brosur jenis spesi yang digunakan yaitu *MU-400 Mortar Utama*
 - Beban plafond & penggantung : **$18,5 \text{ kg/m}^2$** berdasarkan data dari brosur jenis plafond & penggantung yang digunakan yaitu *Jayaboard*
 - Beban dinding : **550 kg/m^3** berdasarkan data dari brosur tipe dinding bata ringan *Power Block* dengan ukuran $60 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$, tebal 15 cm
 - Beban *mechanical electrical* (ME) : **40 kg/m^2**
 - Beban pipa air bersih & kotor (*plumbing*) : **25 kg/m^2**
 - Beban lift : merk lift yang digunakan adalah *Sigma Iris Elevator* untuk 2 ruang menyesuaikan ruang yang

Tabel 5.1 Spesifikasi Lift Merk Sigma Iris

Speed (m/sec)	Capacity		M/C Room Reaction (kg)		Clear Opening (OP)
	Prsn	kg	R1	R2	
1.0	15	1000	5450	4300	900

Tabel 5.2 Spesifikasi Lift Merk Sigma Iris (lanjutan)

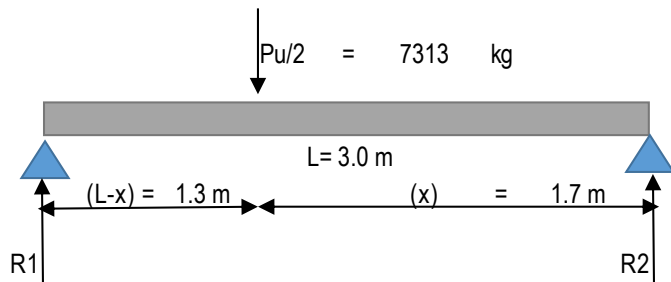
Inside Dimension						
Car		Hoitsway		Machine Room		
A	B	X2	Y	MY	MX2	MH
1600	1500	2000	2150	2000	2150	2400

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift:

Panjang balok penggantung lift = 3 m

$$R_a = R_1 \cdot KLL = R_1 \times (150\%) = 5450 \text{ kg} \times 150\% \\ = 8175 \text{ kg}$$

$$R_b = R_2 \cdot KLL = R_2 \times (150\%) = 4300 \text{ kg} \times 150\% \\ = 6450 \text{ kg}$$

**Gambar 5.2** Pembebanan Pada Balok Penggantung Lift

$$\sum M_b = 0$$

$$0 = 3m \cdot 8175 \text{ kg} - P_u \cdot x$$

$$P_u = \frac{24525 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$0 = 3\text{m} \cdot 6450 \text{ kg} - P_u \cdot (L - x)$$

$$0 = 19350 \text{ kgm} - \frac{24525 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x} (3\text{m} - x)$$

$$0 = 19350 \text{ kgm} - \frac{73575 \text{ kgm}^2}{x} + \frac{(24525 \text{ kgm}) \cdot x}{x}$$

$$0 = 43875 \text{ kgm} - \frac{73575 \text{ kgm}^2}{x}$$

$$(43875 \text{ kgm})x = 73575 \text{ kgm}^2$$

$$x = 1,67 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{24525 \text{ kg} \cdot \text{m}}{1,67 \text{ m}} = 14625 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{2} = 7313 \text{ kg}$$

- c. Beban Mati Tambahan untuk lantai atap
- Beban plafond & penggantung : **18,5 kg/m²** berdasarkan data dari brosur jenis plafond & penggantung yang digunakan yaitu *Jayaboard*
 - Beban *mechanical electrical* (ME) : **40 kg/m²**
 - Beban pipa air bersih & kotor (*plumbing*) : **25 kg/m²**
 - Beban aspal : **14 kg/m²** berdasarkan

5.1.2 Beban Hidup (LL)

Beban hidup yang ada pada permodelan mengacu pada Tabel 4-1 SNI 1727-2013 sebagai berikut :

- a. Beban hidup lantai *lobby* : **479 kg/m²**
- b. Beban hidup lantai hunian hotel : **192 kg/m²**
- c. Beban hidup atap : **96 kg/m²**
- d. Beban hidup tangga : **479 kg/m²**
- e. Beban air hujan (R) :

Beban air hujan dihitung berdasarkan pasal 5.4.4.2 pada SNI 03-1727-2013.

$$\begin{aligned} \text{Diasumsikan, tinggi statis (ds)} &= 20 \text{ mm} \\ \text{tinggi hidrolis (dh)} &= 1,2 \text{ ds} \\ &= 24 \text{ mm} \end{aligned}$$

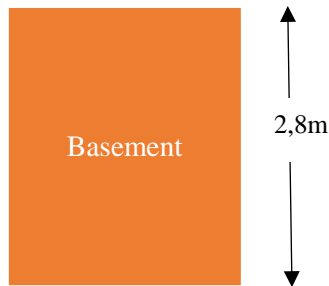
$$\begin{aligned} \text{Sehingga, } R &= 0,0098 \text{ (ds+dh)} \\ R &= 0,4312 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{43,12 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

5.1.3 Beban Hidup Tanah

Beban tanah dihitung untuk pembebanan pada area basement yang berada pada kedalaman -2,8 meter. Diketahui dari hasil uji tanah Hotel Namira Syariah, terdapat muka air tanah pada kedalaman 2 meter. Beban tanah dihitung dalam kondisi tanah aktif seperti berikut ini.

Tabel 5.3 Hasil uji tanah daerah Jambangan Surabaya

Depth (m)	MAT (m)	γ_t (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (°)
0 - 5	2	17,1	0,17	2,1

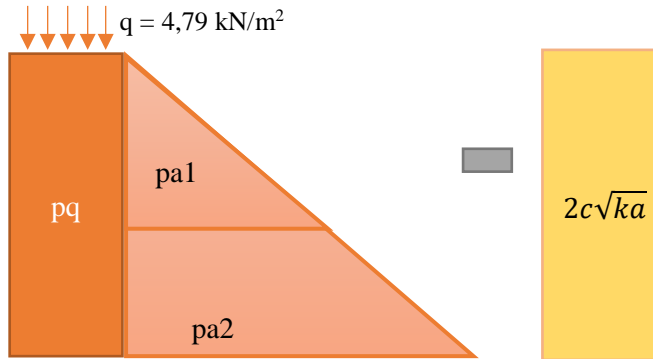


Gambar 5.3 Ilustrasi Perhitungan Beban Tanah

- Menghitung Nilai K_a

$$K_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \frac{1 - \sin(2,1)}{1 + \sin(2,1)} = 0,93$$

- Menghitung nilai tekanan tanah aktif



Gambar 5.4 Tekanan Tanah Aktif

$$pq = q \cdot Ka = 4,79 \cdot 0,93 = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa1 = Ka \cdot \gamma \cdot h_1 = 0,93 \cdot 17,1 \cdot 2\text{m} = 31,8 \text{ kN/m}^2$$

$$Pa2 = Ka \cdot \gamma \cdot h_2 = 0,93 \cdot 17,1 \cdot 0,8\text{m} = 12,7 \text{ kN/m}^2$$

$$2c\sqrt{ka} = 2(0,17)\sqrt{0,93} = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Beban pada dinding basement berdasar titik ketinggian akibat tekanan tanah aktif adalah :

- Pada $h = 0$,
 $P = pq - 2c\sqrt{ka} = 4,2 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 2 \text{ m}$,
 $P = pq + pa1 - 2c\sqrt{ka} = 35,90 \text{ kN/m}^2$
- Pada $h = 2,8 \text{ m}$,
 $P = pq + pa1 + pa2 - 2c\sqrt{ka} = 48,7 \text{ kN/m}^2$

5.1.4 Beban Gempa

A. Perhitungan Parameter Respon Spektrum

Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung hotel ini sesuai dengan data tanah SPT daerah Jambangan Surabaya. Perhitungan dilakukan metode analisa respons spektrum sesuai SNI 1726-2013:

Tabel 5.4 Data Tanah Jalan Jambangan Surabaya

No	Lapisan ke - i	Kedalaman	Tebal Lapisan	Jenis Tanah	Nilai N-SPT	t / N-SPT
		(m)	(m)			
1	Lapisan ke 1	2.00	2.00	Lempung berlanau abu-abu	0.00	0.000
2	Lapisan ke 2	5.00	3.00	Lempung berlanau berpasir abu-abu	8.00	0.375
3	Lapisan ke 3	9.00	4.00	Pasir berlanau berlempung abu-abu	11.00	0.364
4	Lapisan ke 4	12.00	3.00	Lanau berlempung abu-abu	3.00	1.000
5	Lapisan ke 5	26.00	14.00	Lempung berlanau abu-abu kecoklatan	5.83	2.400
6	Lapisan ke 6	30.00	4.00	Lempung berlanau berpasir coklat	22.00	0.182
$\Sigma t / N-SPT$						4.320

Nilai tahanan penetrasi standart rata-rat pada lapisan tanah tebal 30 m adalah

$$\bar{N} = \frac{\Sigma \text{tebal lapisan tanah}}{t / N - SPT} = 6,944$$

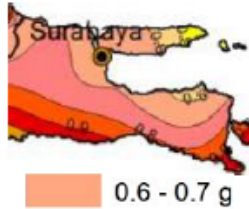
Tabel 5.5 Klasifikasi Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 < \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$

Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut :

Mengacu pada tabel 3 SNI 1726-2012 Klasifikasi Situs Bahwa $N, N < 15$ maka klasifikasi situs pada lokasi proyek termasuk situs **SE Tanah Lunak**.

Nilai S_s berdasarkan gambar 9 SNI 1726-2012 :



Gambar 5.5 Nilai S_s

S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) = 0,7 g

Nilai S_1 berdasarkan gambar 10 SNI 1726-2012 :



Gambar 5.6 Nilai S_1

S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) = 0,25 g

Nilai F_a berdasarkan SNI 1726-2013,

Tabel 5.6 Koefisien Situs, F_a

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

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Karena $S_s = 0,7g$ maka nilai F_a didapatkan dari interpolasi linier:

$$F_a = \left[\frac{1,7 - 1,2}{0,75 - 0,5} x (0,70 - 0,5) \right] + 1,2 = 1,6$$

Nilai F_v berdasarkan SNI 1726-2013,:

Tabel 5.7 Koefisien Situs, F_v

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

Karena $S_1 = 0,25g$ maka nilai F_v didapatkan dari interpolasi linier:

$$F_v = \left[\frac{3,2 - 2,8}{0,3 - 0,2} x (0,25 - 0,2) \right] + 2,8 = 3,0$$

Nilai parameter spectrum respon percepatan pada periode pendek dan pada periode 1 detik (S_{MS} dan S_{M1}), berdasarkan pasal 6.2 :

$$S_{MS} = F_a x S_s = 1,6 x 0,7 = 1,12$$

$$S_{M1} = F_v x S_1 = 3 x 0,25 = 0,75$$

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} .

$$S_{DS} = \frac{2}{3} x S_{MS} = \frac{2}{3} x 1,12 = 0,75$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} x S_{M1} = \frac{2}{3} x 0,75 = 0,50$$

Penentuan periode

$$T_0 = 0,2 x \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 x \frac{0,5}{0,75} = 0,13$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,75} = 0,67$$

Jika $T > T_s$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_{D1}/T$

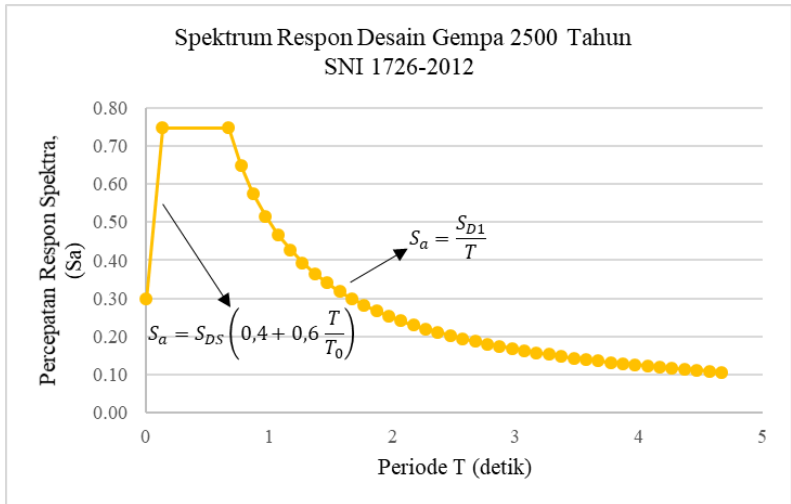
Jika $T \geq T_0$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_d s$

Jika $T > T_s$, Spectrum respons percepatan desain $S_a = S_d 1/T$

Tabel 5.8 Hasil Spektrum Respon Desain

T	T	Sa
(detik)	(detik)	(g)
0	0	0.30
T_0	0.13	0.75
T_s	0.67	0.75
$T_s+0.1$	0.77	0.65
$T_s+0.2$	0.87	0.57
$T_s+0.3$	0.97	0.52
$T_s+0.4$	1.07	0.47
$T_s+0.5$	1.17	0.43
$T_s+0.6$	1.27	0.39
$T_s+0.7$	1.37	0.37
$T_s+0.8$	1.47	0.34
$T_s+0.9$	1.57	0.32
$T_s+1.0$	1.67	0.3
$T_s+1.1$	1.77	0.28
$T_s+1.2$	1.87	0.27
$T_s+1.3$	1.97	0.25
$T_s+1.4$	2.07	0.24
$T_s+1.5$	2.17	0.23
$T_s+1.6$	2.27	0.22
$T_s+1.7$	2.37	0.21
$T_s+1.8$	2.47	0.2
$T_s+1.9$	2.57	0.19

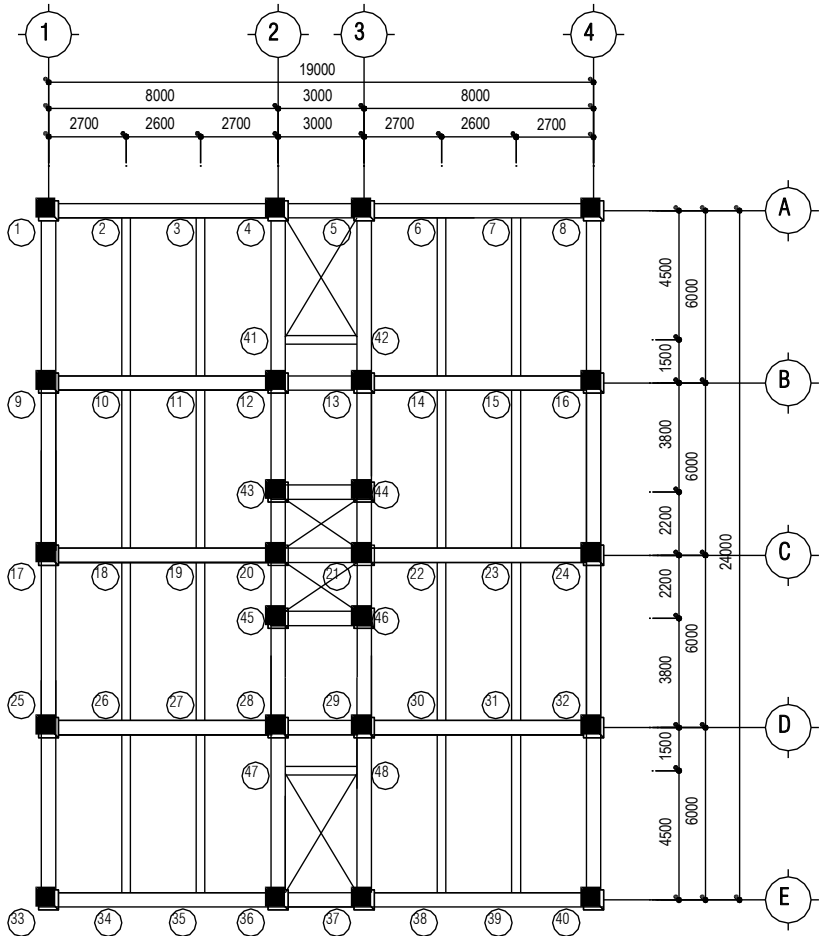
T	T	Sa
(detik)	(detik)	(g)
$T_s+2.0$	2.67	0.19
$T_s+2.1$	2.77	0.18
$T_s+2.2$	2.87	0.17
$T_s+2.3$	2.97	0.17
$T_s+2.4$	3.07	0.16
$T_s+2.5$	3.17	0.16
$T_s+2.6$	3.27	0.15
$T_s+2.7$	3.37	0.15
$T_s+2.8$	3.47	0.14
$T_s+2.9$	3.57	0.14
$T_s+3.0$	3.67	0.14
$T_s+3.1$	3.77	0.13
$T_s+3.2$	3.87	0.13
$T_s+3.3$	3.97	0.13
$T_s+3.4$	4.07	0.12
$T_s+3.5$	4.17	0.12
$T_s+3.6$	4.27	0.12
$T_s+3.7$	4.37	0.11
$T_s+3.8$	4.47	0.11
$T_s+3.9$	4.57	0.11
$T_s+4.0$	4.67	0.11



Gambar 5.7 Grafik Respon Spektrum

B. Perhitungan Joint Mass

Sebagai contoh perhitungan joint mass untuk perhitungan gempa, digunakan perhitungan joint 1 As A (joint 1) pada lantai 1.



Gambar 5.8 Denah Penomoran Perhitungan Joint Masses Lantai 1

Perhitungan beban pada joint 1 :

$$\text{Beban hidup} = 1 \times 3 \times 1,35 \times 479 \text{kg/m}^2 \times 0,3 = 581,99 \text{ kg}$$

Beban Mati :

- Pelat (13cm) = $0,13 \times 3 \times 1,35 \times 2400 \text{kg/m}^3 \times 1 = 1263,60 \text{ kg}$
 - Spesi = $3 \times 1,35 \times 5 \text{kg/m}^2 \times 1 = 20,25 \text{ kg}$
 - Keramik = $3 \times 1,35 \times 20,5 \text{kg/m}^2 \times 1 = 83,03 \text{ kg}$
 - Plafond++ = $3 \times 1,35 \times 18,5 \text{kg/m}^2 \times 1 = 74,93 \text{ kg}$
 - Plumbing = $3 \times 1,35 \times 25 \text{kg/m}^2 \times 1 = 101,25 \text{ kg}$
 - Ins. Listrik = $3 \times 1,35 \times 40 \text{kg/m}^2 \times 1 = 162,00 \text{ kg}$
 - Dinding x+y = $0,15 \times 4,35 \times 3,4 \times 550 \text{kg/m}^3 \times 1 = 1220,18 \text{ kg}$ +
- Total berat = 3507,21 kg

$$\text{Joint mass} = \frac{\text{total berat}}{\text{gravitasi}} = \frac{3507,21 \text{ kg}}{9,8} = 357,88 \text{ kg s}^2/\text{m}$$

Untuk perhitungan joint mass pada lantai 1 disajikan berupa tabel seperti dibawah ini

Tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada Lantai 1

Joint	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m
		t (m)	p (m)	L (m)						
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
1 & 33	Beban hidup :	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3507.21	9.8	357.88
	Beban mati :									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
	- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93			
	- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00			
- Dinding x + y	0.15	4.35	3.4	550	1	1220.18				

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
2 & 34	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
	- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
	- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
	- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
	- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00			
	- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33			
3 & 35	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
	- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
	- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
	- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
	- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00			
	- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33			
4 & 36	<u>Beban hidup :</u>	1	2.263	1.35	479	0.3	438.91	2524.23	9.8	257.57
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97			
	- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27			
	- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61			
	- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51			
	- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18			
	- Dinding x + y	0.15	2.85	3.4	550	1	799.43			
5 & 37	<u>Beban hidup :</u>	1	2.263	1.35	479	0.3	438.91	2524.23	9.8	257.57
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97			
	- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27			
	- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61			
	- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51			
	- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18			
	- Dinding x + y	0.15	2.85	3.4	550	1	799.43			

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
6 & 38	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
	- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
	- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
	- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
	- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00			
	- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33			
7 & 39	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
	- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
	- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
	- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
	- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00			
	- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33			
8 & 40	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3507.21	9.8	357.88
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
	- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93			
	- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25			
	- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00			
	- Dinding x + y	0.15	4.35	3.4	550	1	1220.18			
9 & 25	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
	- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
	- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
	- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
	- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
	- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00			

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
10 & 26	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
11 & 27	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
12 & 28	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	479	0.3	1080.17	4244.78	9.8	433.14
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
	- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58			
	- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10			
	- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
	- Plumbing	1	2.85	2.638	25	1	187.92			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.85	2.638	40	1	300.68			
13 & 29	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	479	0.3	1080.17	4244.78	9.8	433.14
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
	- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58			
	- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10			
	- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
	- Plumbing	1	2.85	2.638	25	1	187.92			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.85	2.638	40	1	300.68			

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
14 & 30	Beban hidup :	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	Beban mati :									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
15 & 31	Beban hidup :	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	Beban mati :									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
16 & 32	Beban hidup :	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48
	Beban mati :									
	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
	- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
	- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
	- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
	- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00				
17	Beban hidup :	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48
	Beban mati :									
	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
	- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
	- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
	- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
	- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00				

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
18	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
19	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
20	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	479	0.3	426.79	1677.16	9.8	171.14
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
	- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
	- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
	- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
	- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
21	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	479	0.3	426.79	1677.16	9.8	171.14
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
	- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
	- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
	- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
	- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
	- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
22	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
23	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
	- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
	- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
	- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
	- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
24	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
	- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
	- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
	- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
	- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
	- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00				
41 & 47	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3195.11	9.8	326.03
		1	1.5	0.738	479	0.3	158.97			
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
		1	1.5	0.738	5	1	5.53			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
		1	1.5	0.738	20.5	1	22.68			
	- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
	- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75			
- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				

Lanjutan tabel 5.9 Perhitungan Joint Masses pada lantai 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
42 & 48	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3195.11	9.8	326.03
		1	1.5	0.738	479	0.3	158.97			
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
		1	1.5	0.738	5	1	5.53			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
		1	1.5	0.738	20.5	1	22.68			
	- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
43 & 45	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	4034.21	9.8	411.65
		1	1.9	1.5	479	0.3	409.55			
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
		1	1.9	1.5	5	1	14.25			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
		1	1.9	1.5	20.5	1	58.43			
	- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
44 & 46	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	4034.21	9.8	411.65
		1	1.9	1.5	479	0.3	409.55			
	<u>Beban mati :</u>									
	- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20			
	- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
		1	1.9	1.5	5	1	14.25			
	- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
		1	1.9	1.5	20.5	1	58.43			
	- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				

5.1.5 Beban Angin (W)

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin untuk bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727 – 2013 seperti berikut ini:

- a. Menentukan kategori resiko bangunan gedung atau struktur lain (SNI 1727:2013 tabel 1.5-1)

Tabel 5.10 Kategori Resiko Bangunan untuk Beban Angin

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk terhadap manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam Kategori Risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam Kategori Risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari-ke-hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam Risiko Kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis.	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis ² .	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi atau ^{atau} Kategori Risiko IV struktur lainnya.	

¹Jenis bangunan sesuai dengan Tabel 1 SNI 1726

²Bangunan gedung dan struktur lain yang mengandung racun, zat yang sangat beracun, atau bahan peledak harus memenuhi syarat untuk klasifikasi terhadap Kategori Risiko lebih rendah jika memuaskan pihak yang berwenang dengan suatu penilaian bahaya seperti dijelaskan dalam Pasal 1.5.3 bahwa pelepasan zat sepadan dengan risiko yang terkait dengan Kategori Risiko.

- b. Menentukan kecepatan angin dasar (V)
 Sesuai dengan prakiraan Badan Meteorologi
 Klimatologi dan Geofisika
 $V = 19 \text{ m/s}$
- c. Menentukan Faktor arah angin
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.6-1

$$K_d = 0,85$$

Tabel 5.11 Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^a
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 0,95

- d. Kategori Eksposur
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.7
Maka termasuk dalam eksposur B
- e. Faktor topografi
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2
 $K_{zt} = 1$
- f. Faktor efek tiupan angin
Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1. Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku diambil $G = 0,85$
- g. Koefisien tekanan internal
Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1

Tabel 5.12 Klasifikasi Ketertutupan

Klasifikasi Ketertutupan	(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

Maka, $GC_{pi} = + 0,18$
 $- 0,18$

- h. Koefisien eksposur tekanan velositas
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 27.3-1

Tabel 5.13 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(38,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Tinggi bangunan (z) = 41,2 m

Interpolasi nilai z :

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{41,2 - 36,6}{42,7 - 36,6} = \frac{y - 1,04}{1,09 - 1,04}$$

$$y = 1,07$$

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 26.9.1

Eksposur B $\rightarrow \alpha = 7$

$$z_g = 365,76 \text{ m}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$K_z = 2,01 \left(\frac{41,2}{365,76} \right)^{\frac{2}{7}} = 1,07$$

Maka $K_z = K_h = 1,07$ (karena atap datar)

- i. Menentukan tekanan velositas
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_z = 0,613 \times 1,07 \times 1 \times 0,85 \times 19^2$$

$$q_z = 202,6 \text{ N/m}^2$$

$$q_h = 0,613 \times K_h \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$q_h = 0,613 \times 1,07 \times 1 \times 0,85 \times 19^2$$

$$q_h = 202,6 \text{ N/m}^2$$

- j. Menentukan koefisien tekanan eksternal
 Sesuai dengan SNI 1727:2013 gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata

Tabel 5.14 Koefisien Tekanan Dinding

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

- Dinding di sisi angin datang (q_z)
 $C_p = 0,8$
 - Dinding di sisi angina pergi (q_h)
 $\frac{L}{B} = \frac{19}{24} = 0,792$
 $C_p = -0,5$
 - Dinding tepi (q_h)
 $C_p = -0,7$
- k. Rekapitulasi Tekanan angin pada setiap lantai bangunan gedung. Sesuai dengan SNI 1727:2013 persamaan 27.4-1

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Beban Angin

Lantai Bangunan	Tinggi Bangunan	Zg	α	Kz / Kh	qz / qh	qz . G . Cp	qh . G . Cp	qh . G . Cp
	(m)					(m)	Datang	Tepi
		(N/m ²)			(kg/m ²)		(kg/m ²)	(kg/m ²)
Basement	2.8	365.76	7	0.500	93.97	6.39	-5.59	-3.99
1	6.8	365.76	7	0.644	121.09	8.23	-7.20	-5.15
2	10.8	365.76	7	0.735	138.20	9.40	-8.22	-5.87
3	14.6	365.76	7	0.801	150.63	10.24	-8.96	-6.40
4	18.4	365.76	7	0.856	160.92	10.94	-9.57	-6.84
5	22.2	365.76	7	0.903	169.79	11.55	-10.10	-7.22
6	26	365.76	7	0.944	177.63	12.08	-10.57	-7.55
7	29.8	365.76	7	0.982	184.69	12.56	-10.99	-7.85
8	33.6	365.76	7	1.016	191.13	13.00	-11.37	-8.12
9	37.4	365.76	7	1.048	197.08	13.40	-11.73	-8.38
Atap	41.2	365.76	7	1.077	202.60	13.78	-12.05	-8.61

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 Pasal 27.1.5, beban angin desain minimum adalah $= 0,77 \text{ kN/m}^2 = 77 \text{ kg/m}^2$ untuk dinding bangunan. Sehingga untuk pembebanan angin yang terjadi adalah:

Tabel 5.16 Rekapitulasi Beban Angin Minimum

Lantai Bangunan	Tinggi Bangunan	Zg	α	Kz / Kh	qz / qh	qz . G . Cp	qh . G . Cp	qh . G . Cp
	(m)					(m)	Datang	Tepi
		(N/m ²)			(kg/m ²)		(kg/m ²)	(kg/m ²)
Basement	2.8	365.76	7	0.500	93.97	77	-77	-77
1	6.8	365.76	7	0.644	121.09	77	-77	-77
2	10.8	365.76	7	0.735	138.20	77	-77	-77
3	14.6	365.76	7	0.801	150.63	77	-77	-77
4	18.4	365.76	7	0.856	160.92	77	-77	-77
5	22.2	365.76	7	0.903	169.79	77	-77	-77
6	26	365.76	7	0.944	177.63	77	-77	-77
7	29.8	365.76	7	0.982	184.69	77	-77	-77
8	33.6	365.76	7	1.016	191.13	77	-77	-77
9	37.4	365.76	7	1.048	197.08	77	-77	-77
Atap	41.2	365.76	7	1.077	202.60	77	-77	-77

5.1.6 Kombinasi Pembebanan

Untuk dapat melakukan analisis gaya dalam (M,N,D) maka diperlukan untuk menentukan kombinasi pembebanan di dalam permodelan dengan SAP v.14 sesuai dengan SNI 1726 – 2012 pasal 4.2.2 berikut ini :

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5Lr
3. 1,2D + 1,6L + 0,5R
4. 1,2D + 1,6Lr + 1,0L
5. 1,2D + 1,6Lr + 0,5W
6. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5Lr
7. 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5R
8. 0,9D + 1,0W
9. 1,2D + 1,0EX + 1,0L
10. 1,2D + 1,0EY + 1,0L
11. 0,9D + 1,0EX
12. 0,9D + 1,0EY
13. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EX + 1,0L$
1,35D + 1,3EX + 1,0L
14. $(1,2+0,2S_{DS})D + (1,0\rho)EY + 1,0L$
1,35D + 1,3EY + 1,0L

Dimana nilai : $S_{DS} = 0,75$

$\rho = 1,3$ (SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.4.2)

Keterangan: D : Beban Mati

Lr : Beban Hidup Atap

L : Beban Hidup

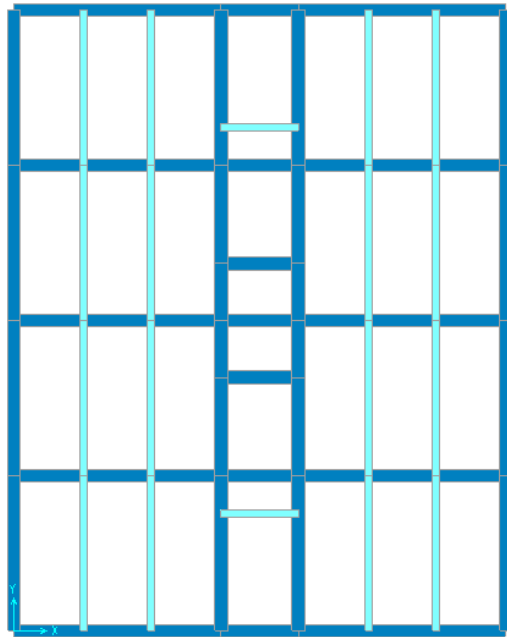
R : Beban Hujan

W : Beban Angin

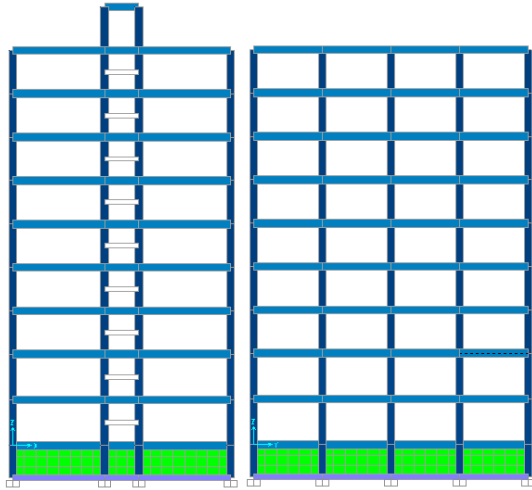
E : Beban Gempa

5.2 Permodelan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

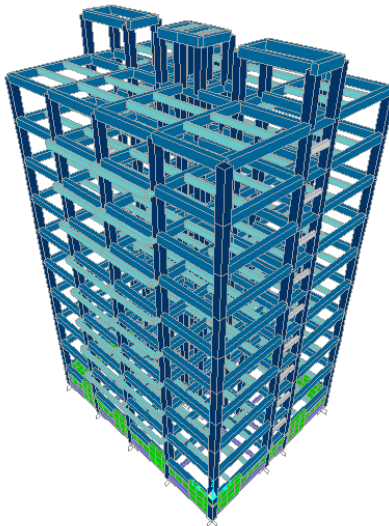
Permodelan struktur bangunan ini, menggunakan asumsi bahwa sistem struktur merupakan model space frame (3D frame system). Model undeformed shape struktur bangunan ini dapat dilihat pada gambar-gambar dibawah ini :



Gambar 5.9 Permodelan Bangunan Tampak Atas



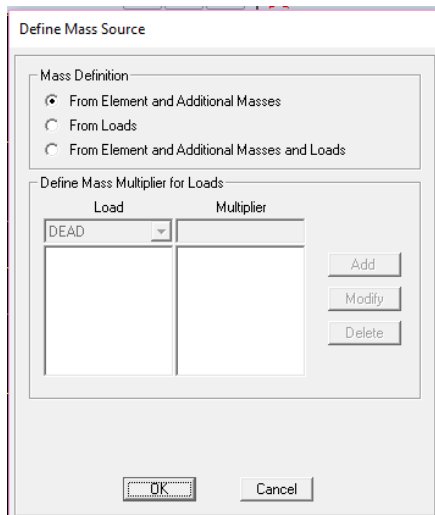
Gambar 5.10 Permodelan Bangunan Tampak Samping



Gambar 5.11 Permodelan Bangunan 3D

5.2.1 Menentukan *Mass Source*

Besaran massa elemen struktur (*mass source* adalah massa struktur pada program bantu SAP 2000 v.14 yang digunakan pada perhitungan untuk analisa *modal* menggunakan pilihan “*mass definition: from element and additional masses*” yang dimana berat sendiri (balok, kolom) akan dihitung oleh program, sedangkan struktur pelat karena tidak dimodelkan maka beban beban tambahan yang berasal dari pelat di input secara manual pada tiap joint dengan besaran yang sudah dihitung pada sub bab 5.1.4.



Gambar 5.12 *Input Mass Source pada SAP 2000 v.14*

5.2.2 Menentukan Modal dan Ragam Analisis

Penentuan modal analisis atau mode shape pada SAP 2000 bertujuan untuk menjamin partisipasi massa struktur lebih dari 90%. Untuk itu, partisipasi massa dari struktur diambil 99% terhadap gaya lateral pada arah X dan pada arah Y. Menu pada SAP 2000 untuk menentukan analisis modal dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Load Case Data - Modal

Load Case Name MODAL <input type="button" value="Set Def Name"/>	Notes <input type="button" value="Modify/Show..."/>	Load Case Type Modal <input type="button" value="Design..."/>
Stiffness to Use <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Unstressed State <input type="radio"/> Stiffness at End of Nonlinear Case <small>Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case</small>	Type of Modes <input type="radio"/> Eigen Vectors <input checked="" type="radio"/> Ritz Vectors	
Number of Modes Maximum Number of Modes: 50 Minimum Number of Modes: 1		
Loads Applied		
		Target Dynamic Participation Ratios [%]
Load Type	Load Name	Maximum Cycles
Accel	UX	0
Accel	UX	0
Accel	UY	0
		99.
		99.
		99.

Gambar 5.13 Modal dan Ragam Analisis Permodelan

5.2.3 Menghitung Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum

Pembebanan gempa terdiri atas dua arah, yaitu: gempa arah X dengan perhitungan 100% Ex + 30% Ey dan gempa arah Y dengan perhitungan 100% Ey + 30% Ex. Perhitungan faktor skala gaya gempa menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Load Factor} = \frac{I_e}{R} g$$

Gempa Arah X

$$U_1 = \frac{I_e}{R} g = \frac{1}{8} (9,8) = 1,225$$

$$U_2 = 30\% \times U_1 = 0,3675$$

Gempa Arah Y

$$U_2 = \frac{I_e}{R} g = \frac{1}{8} (9,8) = 1,223$$

$$U_1 = 30\% \times U_1 = 0,3675$$

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Del Name Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- CQC GMC I1:
- SRSS GMC I2:
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type:
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	Jambangan Sur	1.225
Accel	U1	Jambangan Sur	1.225
Accel	U2	Jambangan Sur	0.3675

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Gambar 5.14 Input Faktor Skala Beban Gempa Arah X

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Set Del Name Notes:

Load Case Type:

Modal Combination:

- CQC GMC I1:
- SRSS GMC I2:
- Absolute
- GMC Periodic + Rigid Type:
- NRC 10 Percent
- Double Sum

Directional Combination:

- SRSS
- CQC3
- Absolute

Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	Jambangan Sur	1.225
Accel	U2	Jambangan Sur	1.225
Accel	U1	Jambangan Sur	0.3675

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Gambar 5.15 Input Faktor Skala Beban Gempa Arah Y

5.3 Analisa Dinamik Struktur

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3D, pembebanan struktur serta running SAP 2000. Maka hasil analisis struktur harus dikontrol dengan batasan-batasan yang sudah tertera dalam SNI 03-1726 – 2012 untuk menentukan kelayakan sistem tersebut.

5.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 Ps 7.9.1 Perhitungan analisa dinamis harus mempunyai kombinasi partisipasi massa paling sedikit 90% dari massa aktual masing-masing arah. Berikut hasil partisipasi massa menggunakan bantuan program SAP2000 :

Tabel 5.17 Hasil Partisipasi Massa

Output Case Text	Step Type Text	Step Num Unitless	Period Sec	SumUX Unitless	SumUY Unitless
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
MODAL	Mode	1	1.209	0.722	0.000
MODAL	Mode	2	1.030	0.722	0.740
MODAL	Mode	3	1.014	0.722	0.740
MODAL	Mode	4	0.384	0.831	0.740
MODAL	Mode	5	0.340	0.831	0.827
MODAL	Mode	6	0.336	0.831	0.828
MODAL	Mode	7	0.316	0.831	0.828
MODAL	Mode	8	0.259	0.831	0.828
MODAL	Mode	9	0.255	0.831	0.832
MODAL	Mode	10	0.241	0.831	0.832
MODAL	Mode	11	0.213	0.858	0.832
MODAL	Mode	12	0.207	0.867	0.832
MODAL	Mode	13	0.199	0.867	0.851
MODAL	Mode	14	0.193	0.867	0.851
MODAL	Mode	15	0.192	0.867	0.863
MODAL	Mode	16	0.179	0.867	0.863
MODAL	Mode	17	0.172	0.867	0.863
MODAL	Mode	18	0.161	0.867	0.863

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
MODAL	Mode	19	0.152	0.867	0.863
MODAL	Mode	20	0.145	0.882	0.863
MODAL	Mode	21	0.144	0.882	0.877
MODAL	Mode	22	0.141	0.887	0.877
MODAL	Mode	23	0.139	0.887	0.877
MODAL	Mode	24	0.138	0.887	0.882
MODAL	Mode	25	0.132	0.887	0.882
MODAL	Mode	26	0.132	0.887	0.882
MODAL	Mode	27	0.118	0.887	0.890
MODAL	Mode	28	0.116	0.888	0.890
MODAL	Mode	29	0.113	0.888	0.891
MODAL	Mode	30	0.109	0.897	0.891
MODAL	Mode	31	0.108	0.898	0.898
MODAL	Mode	32	0.105	0.900	0.899
MODAL	Mode	33	0.098	0.901	0.905
MODAL	Mode	34	0.094	0.902	0.908
MODAL	Mode	35	0.092	0.902	0.934
MODAL	Mode	36	0.086	0.910	0.934
MODAL	Mode	37	0.082	0.910	0.935
MODAL	Mode	38	0.076	0.915	0.935
MODAL	Mode	39	0.068	0.915	0.937
MODAL	Mode	40	0.066	0.923	0.937

Dari tabel di atas di dapat partisipasi massa arah X sebesar 90% pada moda ke 32 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,05% pada moda ke 33. Maka disimpulkan bahwa analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.91 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

5.3.2 Kontrol Periode Fundamental Struktur

Periode atau nilai T dari struktur SRPMK adalah waktu getar alami struktur. Nilai T dibatasi dengan waktu getar alami fundamental yang berfungsi untuk mencegah adanya struktur

yang terlalu fleksibel dengan perumusan dalam SNI 1726-2012 sebesar:

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

Tabel 5.18 Nilai Parameter Periode Pendekatan C_t dan x

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

Dimana :

h_n = ketinggian struktur (41,2 m)

C_t = parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.0466)

x = parameter pendekatan tipe struktur (rangka beton pemikul momen sebesar 0.9)

Periode fundamental struktur pendekatan,

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

$$T_a = 0,0466 \cdot 41,2^{0,9}$$

$$T_a = 1,324 \text{ detik}$$

dengan batas atas periode fundamental struktur sebesar,

$$T_{atas} = C_u \cdot T_a$$

Tabel 5.19 Koefisien Batas Atas Periode Dihitung

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

$C_u = 1.4$ (karena $SD_1=0,5$)

$$T_{atas} = 1,4 \cdot 1,324$$

$$T_{atas} = 1,853 \text{ detik}$$

Dari permodelan struktur menggunakan bantuan SAP 2000 didapatkan hasil:

Table 5.20 Modal Load Participation Ratios

OutputCase Text	ItemType Text	Item Text	Static Percent	Dynamic Percent
MODAL	Mode	UX	100	99.66
MODAL	Mode	UY	100	99.64
MODAL	Mode	UZ	0.002	8E-04

Table 5.21 Modal and Periods Frequencies

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CicFreq Rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.209	0.827	5.2	27
MODAL	Mode	2	1.03	0.971	6.1	37.2
MODAL	Mode	3	1.014	0.986	6.19	38.4
MODAL	Mode	4	0.384	2.606	16.4	268
MODAL	Mode	5	0.34	2.944	18.5	342
MODAL	Mode	6	0.336	2.975	18.7	349
MODAL	Mode	7	0.316	3.161	19.9	394
MODAL	Mode	8	0.259	3.864	24.3	589
MODAL	Mode	9	0.255	3.929	24.7	609
MODAL	Mode	10	0.241	4.146	26	678
MODAL	Mode	11	0.213	4.703	29.6	873
MODAL	Mode	12	0.207	4.842	30.4	926

Dari hasil tersebut kemudian dikontrol dengan nilai batas atas dan batas bawah perioda fundamental struktur seperti berikut :

Cek Syarat,

$$T_{SAP} < T_{atas}$$

$$1,209 \text{ detik} < 1,853 \text{ detik}$$

(Memenuhi)

Tinjauan perioda fundamental permodelan struktur dengan SRPMK telah memenuhi batas syarat perioda maksimum.

5.3.3 Kontrol Gaya Gempa Dasar Dinamis Struktur

Berdasarkan peraturan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditentukan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.

$$V_{static} = C_s \cdot W_t$$

Dimana,

C_s = Koefisien Respon Seismik Surabaya

W_t = Berat Struktur

Koefisien Respon Seismik (C_s)

Harus ditentukan dengan persamaan 22 SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\frac{R}{I_e}}$$

Keterangan :

S_{Ds} = Parameter percepatan spectrum respons desain (0,75)

R = Faktor modifikasi respon
(SRPMK dengan dinding geser beton bertulang = 8)

I_e = Faktor keutamaan gempa
(Kategori Resiko II sebesar 1)

Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\frac{R}{I_e}} = \frac{0,75}{\frac{8}{1}} = 0,093$$

Nilai C_s yang dihitung tersebut tidak perlu melebihi nilai dari persamaan 23 SNI 1726-2012 dibawah ini :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \frac{R}{I_e}}$$

Keterangan :

S_{D1} = Parameter percepatan spectrum respons desain pada periode 1,0 detik (0,5)

T = Periode fundamental struktur yang didapatkan pada SAP2000 (1,209 dt)

R = Faktor modifikasi respon
(SRPMK dengan dinding geser beton bertulang = 8)

I_e = Faktor keutamaan gempa
(Kategori Resiko II sebesar 1)

Sehingga dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \frac{R}{I_e}} = \frac{0,5}{1,209 \left[\frac{8}{1} \right]} = 0,052$$

Nilai C_s harus tidak kurang dari

$$C_{s \min} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_{s \min} = 0,044 (0,75) (1) \geq 0,01$$

$$C_{s \min} = 0,033 \geq 0,01$$

$$C_{s \min} = 0,033$$

Check Syarat,

$$C_{s \min} < C_s < C_{s \max}$$

$$0,033 < 0,093 > 0,052$$

Sehingga menggunakan besaran C_s sebesar 0,052

Berat Bangunan (W_t)

Dari analisis yang didapatkan dari SAP 2000, nilai berat struktur bangunan adalah

Tabel 5.22 Berat Struktur Didapatkan dari Base Reaction FZ

OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kg	Global FY Kg	Global FZ Kg
1D+1L	Combination	2.05E-10	4.05E-10	6753211.81

Dengan mengetahui besaran W_t dan C_s , dapat menghitung nilai V_{static} sebagai berikut :

$$V_{static} = C_s \cdot W_t$$

$$V_{static} = 0,052 \cdot 6753211,81 \text{ kg}$$

$$V_{static} = 349147,54 \text{ kg}$$

$$0,85 V_{static} = 296775,41 \text{ kg}$$

Pada hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari program SAP 2000 didapatkan sebesar 148459,88 kg untuk gempa arah x dan 162565,94 kg untuk gempa arah y

Tabel 5.23 Hasil Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kg	Global FY Kg	Global FZ Kg
RSX	LinRespSpec	Max	224630.43	80122.33	37.47
RSY	LinRespSpec	Max	67393.4	267051.57	52.04

Sehingga ketentuan,

$$V_{base\ shear} > 0,85 V_{static}$$

$$\text{Gempa X} = 224630,43 \text{ kg} < 296775,41 \text{ kg}$$

(Tidak Memenuhi)

$$\text{Gempa Y} = 267051,57 \text{ kg} < 296775,41 \text{ kg}$$

(Tidak Memenuhi)

Nilai tersebut belum memenuhi ketentuan $V_{base\ shear} > 0,85 V$. Maka perlu dilakukan pembesaran faktor skala gaya gempa, seperti berikut:

Perhitungan faktor skala gaya gempa pada arah yang ditinjau menggunakan persamaan berikut:

- Gempa arah X

$$\text{Faktor pembesaran}(U1) = \frac{296775,41}{224630,43} \times 1,225 = 1,618$$

- Gempa arah Y

$$\text{Faktor pembesaran}(U1) = \frac{296775,41}{267051,57} \times 1,225 = 1,361$$

Untuk faktor skala gaya gempa pada arah tegak lurus dari yang ditinjau akan dihitung sebesar 30%. Sehingga, perhitungannya adalah:

- Gempa arah X
Faktor pembesaran(U2) = $30\% \times 1,618 = 0,485$
- Gempa arah Y
Faktor pembesaran(U2) = $30\% \times 1,361 = 0,408$

Setelah dilakukan perbesar faktor skala gaya gempa sesuai hitungan di atas, maka perlu dilakukan pengecekan ulang terhadap reaksi dasar permodelan menggunakan SAP 2000 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.24 Hasil Base Reaction dari Program SAP 2000 v.14 setelah Dikali Faktor Pembesaran

OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Kg	Global FY Kg	Global FZ Kg
RSX	LinRespSpec	Max	296776.23	105855.66	49.51
RSY	LinRespSpec	Max	74894.7	296776.05	57.84

Sehingga ketentuan,

$$V_{base\ shear} > 0,85 V_{static}$$

$$\text{Gempa X} = 296776,23\text{kg} > 296775,41\text{ kg}$$

(Memenuhi)

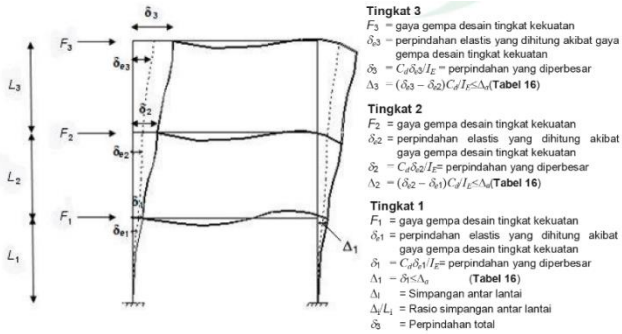
$$\text{Gempa Y} = 296776,05\text{ kg} > 296775,41\text{ kg}$$

(Memenuhi)

5.3.4 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Simpangan antar lantai tingkat (Δ), akibat gempa yang ditinjau dengan analisa elastis, yang ditunjukkan oleh gambar 17 tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti didapatkan pada tabel 3.5

Tabel 5.25 Penentuan Simpangan Antar Lantai



Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

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

Keterangan :

C_d = Faktor amplifikasi defleksi dalam tabel 9 SNI 1726-2012 (SRPMK dengan dinding geser beton bertulang = 5,5)

δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang disyaratkan pada pasal ini ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan gempa (Kategori Resiko II sebesar 1)

Simpangan ijin antar lantai ditentukan pada tabel 7 dibawah ini:

Tabel 5.26 Simpangan Ijin Antar Lantai

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx} ^c	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

Tabel 5.27 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu X

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	δ_{ei}	δ_i	Δ	Δa	Ket
			(SAP)				
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap lift	41.2	3.8	33.884	1.775	9.761	76	OKE
Atap	37.4	3.8	32.109	1.795	9.874	76	OKE
9	33.6	3.8	30.314	2.442	13.433	76	OKE
8	29.8	3.8	27.872	3.014	16.575	76	OKE
7	26	3.8	24.858	3.510	19.306	76	OKE
6	22.2	3.8	21.348	3.922	21.570	76	OKE
5	18.4	3.8	17.426	4.253	23.390	76	OKE
4	14.6	3.8	13.173	4.518	24.851	76	OKE
3	10.8	4	8.655	4.941	27.176	80	OKE
2	6.8	4	3.714	3.611	19.860	80	OKE
1	2.8	2.8	0.103	0.103	0.566	56	OKE
bs.ment	0	0	0.000	0.000	0.000	0	

Tabel 5.28 Kontrol Simpangan Antar Lantai pada Sumbu Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Tingkat	δ_{ei}	δ_i	Δ	Δa	Ket
			(SAP)				
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap lift	41.2	3.8	23.215	0.262	1.440	76	OKE
Atap	37.4	3.8	22.953	0.853	4.694	76	OKE
9	33.6	3.8	22.100	1.386	7.622	76	OKE
8	29.8	3.8	20.714	1.911	10.509	76	OKE
7	26	3.8	18.803	2.378	13.080	76	OKE
6	22.2	3.8	16.425	2.791	15.352	76	OKE
5	18.4	3.8	13.634	3.157	17.364	76	OKE

4	14.6	3.8	10.477	3.490	19.194	76	OKE
3	10.8	4	6.987	3.955	21.753	80	OKE
2	6.8	4	3.032	2.945	16.200	80	OKE
1	2.8	2.8	0.087	0.087	0.476	56	OKE
bs.ment	0	0	0.000	0.000	0.000	0	

Karena simpangan antar lantai tingkat desain (Δ_i) kurang dari simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a), maka control simpangan antar lantai “*Memenuhi*”.

BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR

6.1 Perencanaan Pelat Pracetak

Sistem pelat lantai pracetak yang dipakai adalah *half slab* yaitu gabungan antara pelat pracetak dengan cor setempat yang akan membentuk suatu aksi komposit. Perencanaan pelat dilakukan dalam dua tahap yaitu:

- Tahap pertama, pelat pracetak dibuat dahulu ditempat lain (dipabrik). Kemudian pelat dipasang pada struktur bersama-sama dengan balok-balok pen dukungnya dan dilakukan pemberian *overtopping* dimana komponen *topping* belum menyatu dalam memikul beban. Keadaan ini biasa disebut sebagai keadaan sebelum komposit.
- Tahap kedua, setelah dilakukan pengecoran diatas pelat pracetak terjadi keadaan dimana *topping* dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Keadaan ini disebut sebagai keadaan sesudah komposit.

Pada perencanaan pelat ini akan menghitung penulangan elemen pelat pracetak, tulangan angkat pelat pracetak, tulangan stud pelat pracetak serta mengontrol tegangan elemen pelat pracetak.

6.1.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan *preliminary design* adalah :

- Tebal pelat pracetak : 8 cm
- Tebal *overtopping* : 5 cm
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tebal selimut : 20 mm
- Diameter rencana (\emptyset) : 10 mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

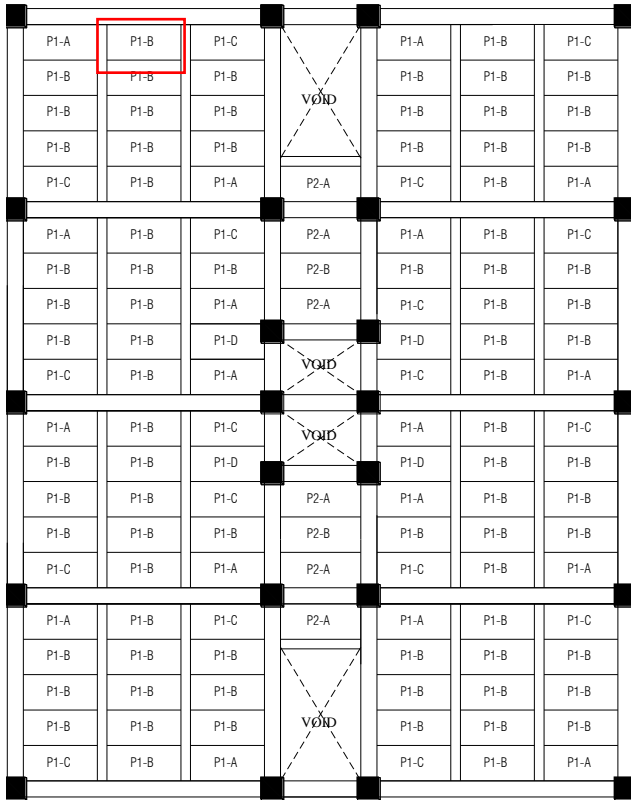
$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

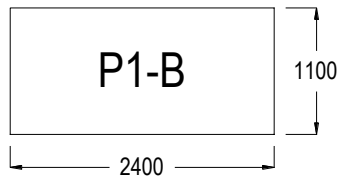
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

Perhitungan pelat yang digunakan untuk contoh perhitungan adalah pelat P1 persegi panjang 1,1 m × 2,4 m. Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan yaitu dengan cara memperhitungkan tulangan yang paling kritis di antara kedua keadaan tersebut. Semua tipe pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.



Gambar 6.1 Denah Rencana Pemasangan Pelat Precast



Gambar 6.2 Tipe Pelat yang Ditinjau

6.1.2 Perhitungan Pelat Setelah Komposit

Beban Mati (DL)

Berat pelat total	= 0,13 x 2400	= 312 kg/m ²
Plafond + pengg.	= 18,5	= 18,5 kg/m ²
Spesi	= 5	= 5 kg/m ²
Keramik	= 20,5	= 20,5 kg/m ²
Instalasi listrik, AC=	40	= 40 kg/m ²
Plumbing	= 25	= 25 kg/m ² +
	DL	= 421 kg/m²

Beban Hidup Lantai (LL)

Beban hunian <i>lobby</i>		= 479 kg/m ² +
	LL_{lobby}	= 479 kg/m²

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$Q_u = 1,2 (421) + 1,6 (479)$$

$$Q_u = 1271,6 \text{ kg/m}^2$$

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi terjepit di keempat sisinya:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{6,0}{2,7} = 2,2 \geq 2 \text{ (Pelat satu arah)}$$

$$\checkmark \text{ Mutx}^{(-)} = 0,001 \times q \times l_x^2 \times 83$$

$$\checkmark \text{ Mulx}^{(+)} = 0,001 \times q \times l_x^2 \times 42$$

Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah memanjang pelat) sedangkan pada arah Y (arah melintang pelat) merupakan tulangan pembagi.

Penulangan Tumpuan Arah X (Tulangan Utama)

$$d_x = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$\text{Mutx}^{(-)} = 0,001 \times 1271,6 \times 2,7^2 \times 83 = 769,407 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{769,407 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,78$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,78x13,45}{400}} \right) = 0,002$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,002 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 105 = 367,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 3 \times 130$
 $\leq 390 \text{ mm}$

Jarak tulangan, $(S) = 200 \text{ mm} \leq S_{max} = 390 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$dx = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$M_{ulx}^{(+)} = 0,001 \times 1271,6 \times 2,7^2 \times 42 = 389,338 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{389,338 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,39$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,39x13,45}{400}} \right) = 0,001$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,001 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 105 = 367,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 3 \times 130$$

$$\leq 390 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $(S) = 200 \text{ mm} \leq S_{\max} = 390 \text{ mm}$

$$A_{s \text{ pasang}} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $p_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,002 \times b \times d$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:}$

$$\leq 5 \times 130$$

$$\leq 650 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $S = 300 \text{ mm} \leq S_{\max} = 650 \text{ mm}$

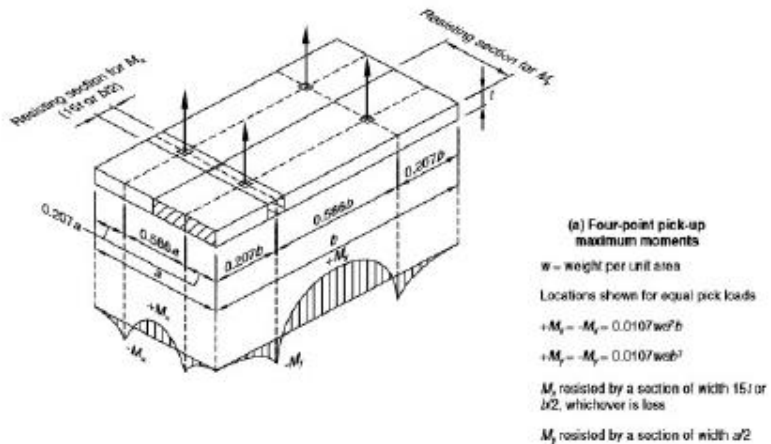
Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

6.1.3 Perhitungan Pelat Sebelum Komposit

Dalam tahap sebelum komposit terbagi menjadi 4 kondisi sebagai berikut :

1. Akibat Pengangkatan

Pada saat pengangkatan beban yang bekerja adalah berat sendiri pelat pracetak, kemudian akan diangkat menggunakan 4 buah titik angkat seperti gambar di bawah berdasarkan PCI edisi ke-6.



Gambar 6.3 Pengangkatan Berdasarkan PCI

$$M_x = 0,0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times w \times a \times b^2$$

$$\text{Dengan } w = 0,08 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 192 \text{ kg/m}^2$$

Maka :

$$M_x = 0,0107 \times 192 \times 1,1^2 \times 2,4 = 5,96 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 0,0107 \times 192 \times 1,1 \times 2,4^2 = 13,017 \text{ kg.m}$$

Momen tambahan akibat pengangkatan (45°), beban kejut :
1,2

$$Y_c = 0,5 \text{ tebal pelat} = 0,5 (0,08) = 0,040 \text{ m}$$

$$M_{x'} = \frac{P x Y_c}{\tan \phi} = \frac{(w x a x b) x y c}{\tan \phi}$$

$$M_{x'} = \frac{192 \times 1,1 \times 2,4 \times 0,040}{\tan 45}$$

$$M_{x'} = 20,275 \text{ kg.m}$$

$$\begin{aligned} M_x \text{ total} &= 1,2(M_x + M_{x'}) \\ &= 1,2 (5,966 + 20,275) \\ &= 31,489 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{y'} = \frac{P x Y_c}{\tan \phi} = \frac{(w x a x b) x y c}{\tan \phi}$$

$$My' = \frac{192 \times 1,1 \times 2,4 \times 0,040}{\tan 45}$$

$$My' = 20,275 \text{ kg.m}$$

$$My \text{ total} = 1,2 (My + My')$$

$$= 1,2 (13,017 + 20,275)$$

$$= 39,95 \text{ kg.m}$$

Penulangan Tumpuan & Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$dx = 80 - 20 - \frac{10}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$Mu = 31,489 \text{ kg.m} = 314894,13 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{314894,13}{0,9 \cdot 1000 \cdot 55^2} = 0,12$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,12 \times 13,45}{400}} \right) = 0,0003$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 1000 \times 55 = 192,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 3 \times 80$$

$$\leq 240 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $(S) = 200 \text{ mm} \leq S_{\max} = 240 \text{ mm}$

$$As \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$dy = 80 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{pertu}}} = 0,002 \times b \times dy$$

$$A_{S_{\text{pertu}}} = 0,002 \times 1000 \times 45 = 90 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 5 \times 80$$

$$\leq 400 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $S = 300 \text{ mm} \leq S_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan susut D10-300mm

Cek Tegangan

Elemen pracetak direncanakan akan diangkat ketika umur beton 3 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,40 f_{c'} = 0,40 \cdot 35 \text{ MPa} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{14} = 2,62 \text{ MPa}$$

- Tegangan Arah X (Pendek)

Sesuai PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed Concrete, My ditahan oleh penampang selebar $15t = 120 \text{ cm}$ atau $b/2 = 120 \text{ cm}$, maka ambil = 120 cm sehingga

$$W_x = \frac{1}{6} \times 15t \times t^2 = \frac{1}{6} \times 1200 \times 80^2 = 1280000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_x = \frac{M_x \text{ total}}{W_x} = \frac{31,489 \times 10^4}{1280000}$$

$$\sigma_x = 0,289 \text{ MPa} < f_r = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tegangan Arah Y (Panjang)

Sesuai PCI Design Handbook 7th Precast and Prestressed Concrete, My ditahan oleh penampang selebar $a/2$ sehingga

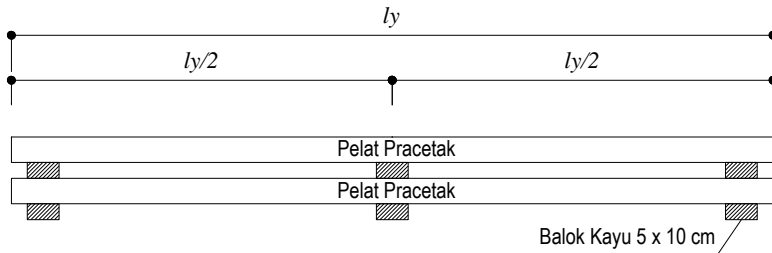
$$W_y = \frac{1}{6} \times \frac{a}{2} \times t^2 = \frac{1}{6} \times \frac{1100}{2} \times 80^2 = 586666,67 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_y = \frac{M_y \text{ total}}{W_y} = \frac{39,95 \times 10^4}{586666,67}$$

$$\sigma_y = 0,567 \text{ MPa} < f_r = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Akibat Penumpukan



Gambar 6.4 Sketsa Penumpukan Elemen Pelat Pracetak

Penumpukan elemen pracetak menggunakan balok kayu dengan asumsi 3 tumpuan. Beban yang bekerja yaitu berat sendiri pelat pracetak dan beban pekerja sehingga :

$$P_u = 133 \text{ kg (SNI 1727- 2013)}$$

$$Q_x = 0,08 \times 2400 \times 2,4 = 460,8 \text{ kg/m}$$

$$Q_y = 0,08 \times 2400 \times 1,1 = 211,2 \text{ kg/m}$$

$$M_x = \frac{Q_x l_x^2}{8} + \frac{P_u l_x}{4} = \frac{460,8 (1,1)^2}{8} + \frac{133 (1,1)}{4} = 106,27 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{Q_y \left(\frac{l_y}{2}\right)^2}{8} + \frac{P_u \frac{l_y}{2}}{4} = \frac{211,2 \left(\frac{2,4}{2}\right)^2}{8} + \frac{133 \frac{2,4}{2}}{4} = 77,92 \text{ kg.m}$$

Penulangan Tumpuan & Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$d_x = 80 - 20 - \frac{10}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$M_u = 106,27 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{106,27 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 55^2} = 0,4$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4 \times 13,45}{400}} \right) = 0,001$$

$$\text{Sehingga, } \rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \geq 0,001 \leq 0,027$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{perlu} = 0,0035$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 55 = 192,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 3 \times 80 \\ &\leq 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } (S) = 200 \text{ mm} \leq S_{\max} = 240 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d_y = 80 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times b \times d_y$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 45 = 90 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tulangan minimum, } S &\leq 5 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ &\leq 5 \times 80 \\ &\leq 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan, } S = 300 \text{ mm} \leq S_{\max} = 400 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

Cek Tegangan

Elemen pracetak direncanakan akan ditumpuk ketika umur beton 3 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,40 f_{c'} = 0,40 \cdot 35 \text{ MPa} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{14} = 2,62 \text{ MPa}$$

- Tegangan Arah X (Pendek)

$$W_x = \frac{1}{6} \times b \times t^2 = \frac{1}{6} \times 2400 \times 80^2 = 2560000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_x = \frac{Mx \text{ total}}{Wx} = \frac{106,27 \times 10^4}{2560000}$$

$$\sigma_x = 0,415 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

- Tegangan Arah Y (Panjang)

$$Wy = \frac{1}{6} x a x t^2 = \frac{1}{6} x 1100 x 80^2 = 1173333 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_y = \frac{My \text{ total}}{Wy} = \frac{77,92 \times 10^4}{1173333}$$

$$\sigma_y = 0,664 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa (Memenuhi)}$$

Jumlah Penumpukan Pelat Pracetak

Jumlah maksimum tumpukan pelat yang mampu ditahan adalah sebagai berikut :

$$A = 50 \times 100 \times 3 \text{ buah kayu} = 15000 \text{ mm}^2$$

$$P_{DL} = 1,2 (0,08 \times 2400 \times 1,1 \times 2,4) = 608,25 \text{ kg}$$

$$P_{LL} = 1,6 (133) = 212,8 \text{ kg}$$

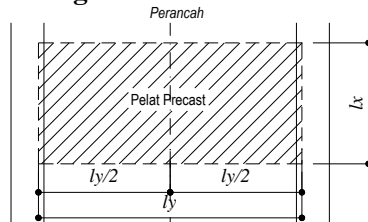
$$P = 608,25 + 212,8 = 821,05 \text{ kg} = 8210,5 \text{ N}$$

$$f = \frac{P}{A} = \frac{8210,5}{15000} = 0,547 \text{ MPa}$$

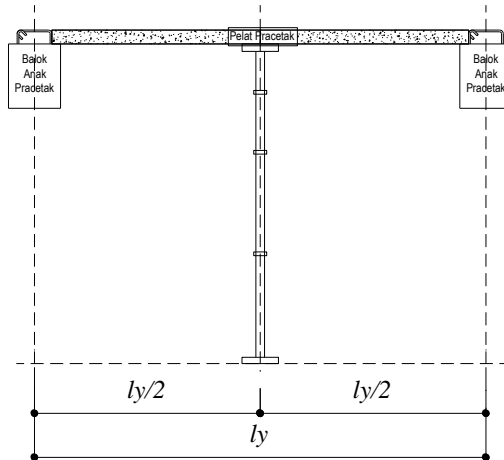
$$n = \frac{fr}{f} = \frac{2,62}{0,547} = 4,7 \approx 4 \text{ tumpukan}$$

Jadi akan direncanakan penumpukan pada hari ke 3 dengan jumlah penumpukan maksimum 4 pelat.

3. Akibat Pemasangan



Gambar 6.5 Pemasangan Pelat Pracetak



Gambar 6.6 Sketsa Pemasangan Pelat Pracetak

Pemasangan elemen pracetak menggunakan perancah pada tengah bentang. Beban yang bekerja hanya berat sendiri pelat pracetak dan beban pekerja sehingga :

$$P_u = 133 \text{ kg (SNI 1727- 2013)}$$

$$Q_x = 0,08 \times 2400 \times 2,4 = 460,8 \text{ kg/m}$$

$$Q_y = 0,08 \times 2400 \times 1,1 = 211,2 \text{ kg/m}$$

$$M_x = \frac{Q_x l_x^2}{8} + \frac{P_u l_x}{4} = \frac{460,8 (1,1)^2}{8} + \frac{133 (1,1)}{4} = 106,27 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{Q_y \left(\frac{l_y}{2}\right)^2}{8} + \frac{P_u \frac{l_y}{2}}{4} = \frac{211,2 \left(\frac{2,4}{2}\right)^2}{8} + \frac{133 \frac{2,4}{2}}{4} = 77,92 \text{ kg.m}$$

Penulangan Tumpuan & Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$d_x = 80 - 20 - \frac{10}{2} = 55 \text{ mm}$$

$$M_u = 106,27 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{106,27 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 55^2} = 0,4$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,4 \times 13,45}{400}} \right) = 0,001$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,001 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 55 = 192,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 3 \times 80$
 $\leq 240 \text{ mm}$

Jarak tulangan, $(S) = 200 \text{ mm} \leq S_{\max} = 240 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d_y = 80 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 45 \text{ mm}$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times b \times d_y$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 45 = 90 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 5 \times 80$
 $\leq 400 \text{ mm}$

Jarak tulangan, $S = 300 \text{ mm} \leq S_{\max} = 400 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan susut D10-300mm

Cek Tegangan

Elemen pracetak direncanakan akan dipasang ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,39 \text{ MPa}$$

- Tegangan Arah X (Pendek)

$$W_x = \frac{1}{6} x b x t^2 = \frac{1}{6} x 2400 x 80^2 = 2560000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_x = \frac{M_x \text{ total}}{W_x} = \frac{106,27 x 10^4}{2560000}$$

$$\sigma_x = 0,415 \text{ MPa} < f_r = 3,39 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

- Tegangan Arah Y (Panjang)

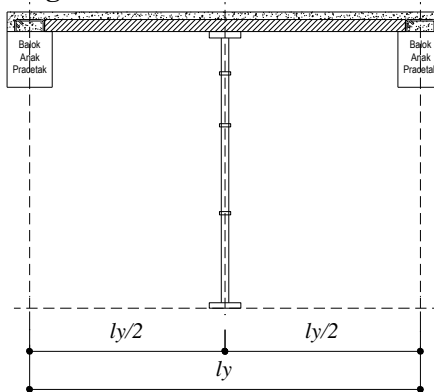
$$W_y = \frac{1}{6} x a x t^2 = \frac{1}{6} x 1100 x 80^2 = 1173333 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_y = \frac{M_y \text{ total}}{W_y} = \frac{77,92 x 10^4}{1173333}$$

$$\sigma_y = 0,664 \text{ MPa} < f_r = 3,39 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

4. Akibat Pengecoran



Gambar 6.7 Sketsa Pengecoran Overtopping Pelat

Pengecoran elemen pracetak menggunakan perancah pada tengah bentang. Beban yang bekerja yaitu berat sendiri pelat pracetak, *overtopping* dan beban pekerja sehingga :

$$P_u = 133 \text{ kg (SNI 1727- 2013)}$$

$$Q_x = 0,13 \times 2400 \times 2,4 = 748,8 \text{ kg/m}$$

$$Q_y = 0,13 \times 2400 \times 1,1 = 343,2 \text{ kg/m}$$

$$M_x = \frac{Q_x l x^2}{8} + \frac{P_u l x}{4} = \frac{748,8 (1,1)^2}{8} + \frac{133 (1,1)}{4} = 149,83 \text{ kg.m}$$

$$M_y = \frac{Q_y \left(\frac{l_y}{2}\right)^2}{8} + \frac{P_u \frac{l_y}{2}}{4} = \frac{343,2 \left(\frac{2,4}{2}\right)^2}{8} + \frac{133 \frac{2,4}{2}}{4} = 101,68 \text{ kg.m}$$

Penulangan Tumpuan & Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$d_x = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$M_u = 149,83 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{149,83 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,2x13,45}{400}} \right) = 0,0004$$

$$\text{Sehingga, } \rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max} \\ 0,0035 \geq 0,0004 \leq 0,027$$

$$\text{Maka dipakai } \rho_{perlu} = 0,0035$$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 105 = 367,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

$$\text{Jarak tulangan minimum, } S \leq 3 \times \text{tebal pelat, maka:} \\ \leq 3 \times 130 \\ \leq 390 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan, (S) = 200 mm} \leq S_{\max} = 390 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$d_y = 130 - 20 - 10 - \frac{10}{2} = 95 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{pertu}}} = 0,002 \times b \times d_y$$

$$A_{s_{\text{pertu}}} = 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 5 \times 130$$

$$\leq 650 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $S = 300\text{mm} \leq S_{\max} = 650 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan susut D10-300mm

Cek Tegangan

Elemen pracetak direncanakan akan dicor ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah:

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,39 \text{ MPa}$$

▪ Tegangan Arah X (Pendek)

$$W_x = \frac{1}{6} b \times t^2 = \frac{1}{6} \times 2400 \times 130^2 = 6760000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_x = \frac{M_x \text{ total}}{W_x} = \frac{149,93 \times 10^4}{6760000}$$

$$\sigma_x = 0,222 \text{ MPa} < f_r = 3,39 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

▪ Tegangan Arah Y (Panjang)

$$W_y = \frac{1}{6} a \times t^2 = \frac{1}{6} \times 1100 \times 130^2 = 3098333 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_y = \frac{M_y \text{ total}}{W_y} = \frac{101,68 \times 10^4}{3098333}$$

$$\sigma_y = 0,328 \text{ MPa} < f_r = 3,39 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

6.1.4 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847:2013:

- $ldh \geq 8d_b = 8 \times 10\text{mm} = 80\text{ mm}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
 - $ldh \geq 150\text{mm}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
 - $ldh = \frac{0,24 \times f_y \times \sqrt{f'c}}{db}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.2)
- $$= \frac{0,24 \times 400 \times \sqrt{35}}{10} = 56,79\text{mm}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan pelat (ldh) terbesar yaitu 150mm

6.1.5 Perhitungan Tulangan Angkat Pelat

Beban mati:

- Berat pelat pracetak = $1,2 \times 0,08 \times 2400 = 230,4\text{ kg/cm}^2$
 - Stud + tul. Angkat = $10\% \times 201,6 = 23,04\text{ kg/cm}^2 +$
- $$Q_d = 253,44\text{ kg/cm}^2$$

Beban hidup:

- $P_{\text{pekerja}} = 1,6 \times 133 = 212,8\text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Beban ultimate} &= (Q_d \times a \times b) + P_{\text{pekerja}} \\ &= (253,44 \times 1,1 \times 2,4) + 212,8 \\ &= 881,88\text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{881,88}{4} = 220,47\text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267\text{ MPa} = 2667\text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{220,47}{2667} = 0,08\text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat $\emptyset 10\text{mm}$

As pakai = $78,5\text{ mm}^2 = 0,785\text{ cm}^2 > 0,09\text{ cm}^2$ (Memenuhi)

Jadi dipakai tulangan angkat $\emptyset 10\text{mm}$

Menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan Tarik ($k_c=10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c\sqrt{f'c}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{2622,8}{10\sqrt{35}}\right)^2} = 12,52 \approx 20\text{mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 20 mm dari permukaan pelat pracetak.

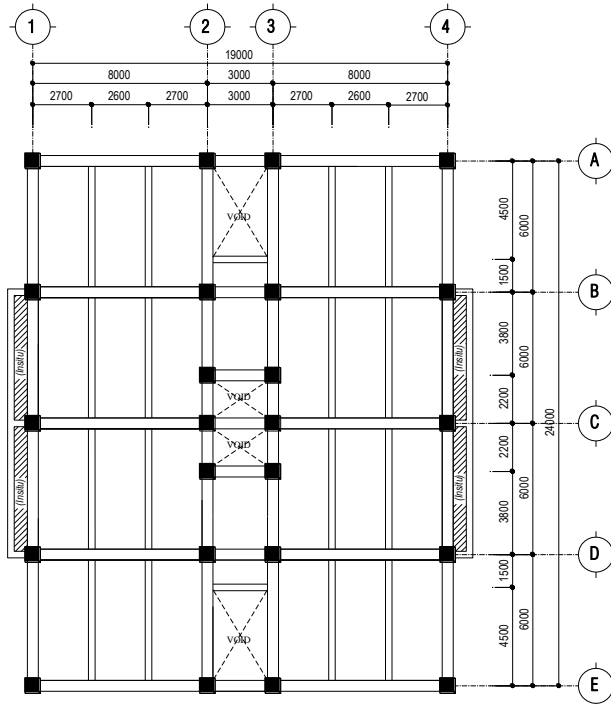
6.1.6 Rekapitulasi Perencanaan Pelat

Tabel 6.1 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Pracetak

Tipe Pelat	Dimensi		Tulangan Terpasang			
	Lx	Ly	Tulangan Utama	Tulangan Bagi	Tulangan Angkat	Panjang penyaluran
	(m)	(m)				
P1-A	1.1	2.4	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-B	1.1	2.4	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-C	1.1	2.4	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-D	1.1	2.4	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P2-A	1.1	2.6	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P2-B	1.1	2.6	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm

6.2 Perencanaan Pelat Konvensional

Dalam tugas akhir ini ada beberapa plat yang di direncanakan dicor setempat dengan desain sesuai *preliminary* tebal pelat yaitu 13 cm. Berikut gambar denah plat konvensional yang ditunjukkan dengan arsiran :



Gambar 6.8 Denah Pelat Konvensional

6.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan *preliminary design* adalah :

- Tebal pelat : 13 cm
- L_x : 1 m
- L_y : 6 m
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa

- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tebal selimut : 20 mm
- Diameter rencana (\emptyset) : 10 mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85x\beta_1x f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,8x35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85x f_c'} = \frac{400}{0,85x35} = 13,45$$

6.2.2 Pembebanan Pelat

Beban Mati (DL)

Berat pelat total = 0,13 x 2400 = 312 kg/m²

Plafond + pengg. = 18,5 = 18,5 kg/m²

Spesi = 5 = 5 kg/m²

Keramik = 20,5 = 20,5 kg/m²

Ins. listrik, AC = 40 = 40 kg/m²

Plumbing = 25 = 25 kg/m² +

DL = 421 kg/m²

Beban Hidup Lantai (LL)

Beban hunian lobby = 479 kg/m² +

LL_{lobby} = 479 kg/m²

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 Q_u &= 1,2 (421) + 1,6 (479) \\
 Q_u &= 1271,6 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Menentukan momen (M_u) yang bekerja pada pelat dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen untuk asumsi terjepit di keempat sisinya:

$$\frac{l_y}{l_x} = \frac{6,0}{1,0} = 6 \geq 2 \text{ (Pelat satu arah)}$$

- ✓ $M_{utx}^{(-)} = 0,001 \times q \times l_x^2 \times 83$
- ✓ $M_{ulx}^{(+)} = 0,001 \times q \times l_x^2 \times 42$

Pada pelat satu arah penulangan lentur hanya pada arah X (arah memanjang pelat) sedangkan pada arah Y (arah melintang pelat) merupakan tulangan pembagi.

6.2.3 Perhitungan Tulangan Pelat Konvensional

a. Penulangan Tumpuan Arah X (Tulangan Utama)

$$d_x = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$M_{utx}^{(-)} = 0,001 \times 1271,6 \times 1,0^2 \times 83 = 105,543 \text{ kg.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{105,543 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,11$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,11 \times 13,45}{400}} \right) = 0,0003$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{sperlu} = 0,0035 \times 1000 \times 105 = 367,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 3 \times 130$

$$\leq 390 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, (S) = 200 mm $\leq S_{\max} = 390 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} (\text{OKE})$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

b. Penulangan Lapangan Arah X (Tulangan Utama)

$$dx = 130 - 20 - \frac{10}{2} = 105 \text{ mm}$$

$$\text{Mulx}^{(+)} = 0,001 \times 1271,6 \times 1,0^2 \times 42 = 53,407 \text{ kg.m}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{53,407 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 105^2} = 0,05$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,05 \times 13,45}{400}} \right) = 0,0001$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0001 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$A_{s\text{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 105 = 367,50 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, S $\leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 3 \times 130$$

$$\leq 390 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, (S) = 200 mm $\leq S_{\max} = 390 \text{ mm}$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 10^2 \cdot 1000}{200} = 392,70 \text{ mm}^2 > A_{s\text{perlu}} (\text{OKE})$$

Maka digunakan tulangan utama D10-200 mm

c. Penulangan Arah Y (Tulangan Bagi)

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{s\text{perlu}} = 0,002 \times b \times dy$$

$$A_{s\text{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 95 = 190 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 5 \times 130$$

$$\leq 650 \text{ mm}$$

Jarak tulangan, $S = 300\text{mm} \leq S_{\max} = 650 \text{ mm}$

Maka digunakan tulangan susut D10-300 mm

6.2.4 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Konvensional

Tabel 6.2 Rekapitulasi Perencanaan Pelat Konvensional

Tipe Pelat	Dimensi		Tulangan Terpasang		
	Lx	Ly	Tulangan Tumpuan	Tulangan Lapangan	Tulangan Bagi
	(m)	(m)			
Kantilever	1.0	6.0	Ø10 - 200	Ø10 - 200	Ø10 - 300

6.3 Perencanaan Struktur Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dibuat pracetak dengan dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa jepit dan sendi (sendi diletakkan pada ujung bordes). Tipe tangga 1 digunakan sebagai contoh perhitungan struktur tangga sebagai berikut.

6.3.1 Perencanaan Pelat Tangga dan Pelat Bordes

A. Data Perencanaan

- Tipe Tangga Pracetak : Tangga 1
- Lebar injakan (i) : 28 cm
- Tinggi injakan (t) : 18 cm
- Jumlah injakan (n_i) : $\frac{elv \text{ bordes}}{t} = 12$
- Jumlah tanjakan (n_t) : n_i - 1 = 11
- Tinggi tingkat : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang horizontal tangga : 308 cm
 - Panjang bordes : 300 cm
 - Lebar bordes : 142 cm

- Tebal pelat bordes : 13 cm
- Kemiringan tangga (α) :

$$\arctan \alpha = \frac{elv. \text{ bordes}}{pjpg. h. \text{ tangga}} = \frac{200}{308} = 0,65$$

Jadi $\alpha = 32,74^\circ$

- Tebal efektif pelat tangga :

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 28 \times 18 = 252 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang miring anak tangga (a)} &= \sqrt{i^2 + t^2} \\ &= \sqrt{28^2 + 18^2} \\ &= 33,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \times a \times d \\ &= \frac{1}{2} \times 33,3 \times d = 16,65 d \end{aligned}$$

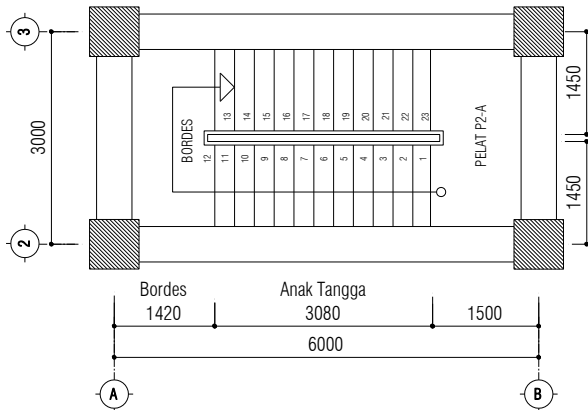
$$\text{Luas } \Delta_1 = \text{Luas } \Delta_2$$

$$252 = 16,65 d$$

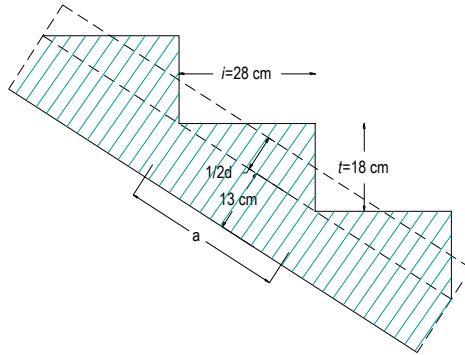
$$d = 15,1 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{2} d = 7,57 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal efektif pelat} = 13 \text{ cm} + 7,57 \text{ cm} = 21 \text{ cm}$$



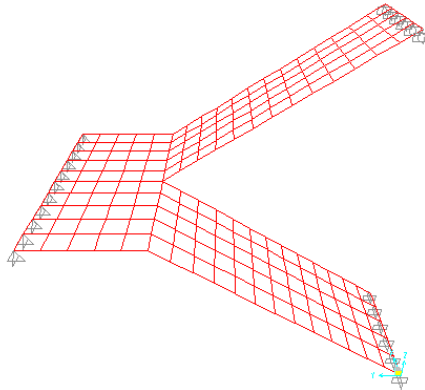
Gambar 6.9 Denah Rencana Struktur Tangga



Gambar 6.10 Perencanaan Dimensi Tangga

B. Permodelan Tangga

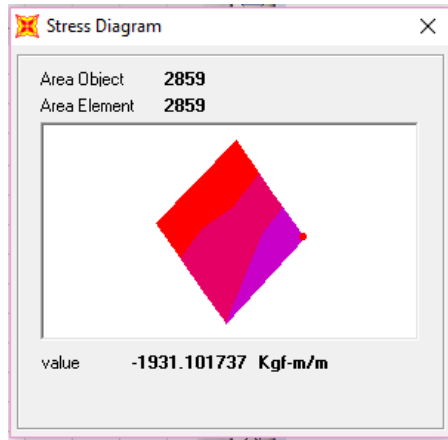
Untuk plat tangga dan plat bordes dimodelkan sebagai berikut menggunakan program bantu SAP 2000 v.14:



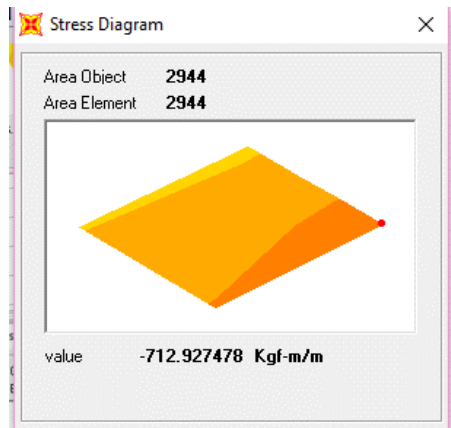
Gambar 6.11 Permodelan Struktur Tangga pada Sap 2000v.14

C. Analisa Struktur Tangga dengan SAP

Untuk momen yang terjadi pada plat tangga dan plat bordes menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan momen yang terjadi pada plat adalah sebagai berikut:



Gambar 6.12 Hasil Momen pada Pelat Tangga



Gambar 6.13 Hasil Momen pada Pelat Bordes

Tabel 8.1 Hasil Output Momen Pelat Tangga dan Bordes

Pelat	M11 (kg.m)	M22 (kg.m)
Tangga	386,2	1931,1
Bordes	268,9	712,9

D. Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data perencanaan :

- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D16
- Tulangan susut : $\emptyset 10$
- Decking : 20 mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

Tulangan Utama

$$d_x = 210 - 20 - \frac{16}{2} = 182 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{712,9 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 182^2} = 0,76$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,76 \times 13,45}{400}} \right) = 0,0019$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0019 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 182 = 637 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 3 \times 210$
 $\leq 610 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{perlu}}}{A_{Stulangan}} = \frac{637}{201,06} = 3,17 \approx 4$$

Jarak tulangan, (S) = $1000/4$
 $= 250 \approx 150 \text{ mm} \leq S_{\max}$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 16^2 \cdot 1000}{150} = 1340 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D16-150 mm

Tulangan Susut

$$dy = 210 - 20 - 16 - \frac{16}{2} = 166 \text{ mm}$$

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times b \times d_y$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 166 = 332 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:
 $\leq 5 \times 210$
 $\leq 1050 \text{ mm}$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{perlu}}}{A_{Stulangan}} = \frac{332}{78,54} = 4,23 \approx 5$$

Jarak tulangan, S = $1000/5$

$$= 200 \leq S_{\max}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-200 mm

E. Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

Data perencanaan :

- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D16
- Tulangan susut : $\emptyset 10$
- Decking : 20 mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,8 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,004$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

Tulangan Utama

$$d_x = 130 - 20 - \frac{16}{2} = 102 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\emptyset b d^2} = \frac{268,9 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 102^2} = 0,29$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,29 \times 13,45}{400}} \right) = 0,0007$$

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

$$0,0035 \geq 0,0007 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 102 = 357 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 3 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 3 \times 130$$

$$\leq 390 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{perlu}}}{A_{Stulangan}} = \frac{357}{201,06} = 1,78 \approx 2$$

$$\text{Jarak tulangan, (S)} = 1000/2$$

$$= 500 \approx 150 \text{ mm} \leq S_{\max}$$

$$A_s \text{ pasang} = \frac{0,25 \pi 16^2 \cdot 1000}{150} = 1340 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Maka digunakan tulangan utama D16-150 mm

Tulangan Susut

$$dy = 130 - 20 - 16 - \frac{16}{2} = 86 \text{ mm}$$

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{\min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times b \times d_y$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 86 = 172 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.2 adalah:

Jarak tulangan minimum, $S \leq 5 \times \text{tebal pelat}$, maka:

$$\leq 5 \times 130$$

$$\leq 650 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah tulangan, } n = \frac{A_{S_{perlu}}}{A_{Stulangan}} = \frac{172}{78,54} = 2,19 \approx 3$$

$$\text{Jarak tulangan, S} = 1000/3$$

$$= 333 \approx 200\text{mm} \leq S_{\max}$$

Maka digunakan tulangan susut D10-200mm

F. Pengangkatan Elemen Tangga Pracetak

Perhitungan Tulangan Angkat

Beban mati:

- Berat pelat tangga = $1,45 \times 3,67 \times 0,21 \times 2400 = 2684 \text{ kg}$
- Berat pelat bordes = $1,48 \times 3 \times 0,13 \times 2400 = 1381 \text{ kg}$
- Stud + tul. Angkat = $10\% \times 4064,37 = 28,8 \text{ kg} +$
 $Q_d = 4470,8 \text{ kg}$

Beban hidup:

- $P_{\text{pekerja}} = 1,6 \times 250\text{kg} = 400 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \text{Beban ultimate} &= Q_d + Q_l \\ &= (1,2 \times 4470) + 400 \\ &= 5765 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{5765}{4} = 1441 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $\frac{2}{3} f_y$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ MPa} = 2667 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{1441}{2667} = 0,54 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat $\emptyset 10 \text{ mm}$

$A_s \text{ pakai} = 78,5 \text{ mm}^2 = 0,785 \text{ cm}^2 > 0,54 \text{ cm}^2$ (Memenuhi)

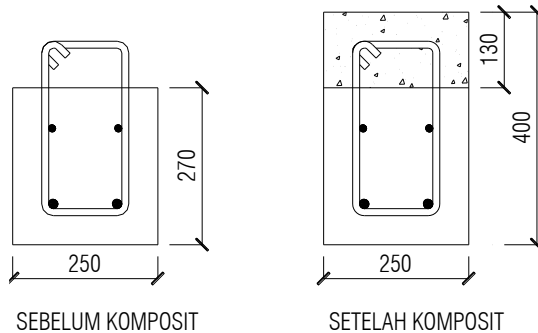
Jadi dipakai tulangan angkat $\emptyset 10\text{mm}$

Menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan Tarik ($k_c=10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{1441}{10 \sqrt{35}}\right)^2} = 39,01 \approx 40\text{mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 40mm dari permukaan pelat pracetak.

6.3.2 Perencanaan Balok Bordes



Gambar 6.14 Dimensi Balok Bordes

A. Data Perencanaan

Balok bordes direncanakan sebagai elemen pracetak.

Berikut data perencanaan balok bordes :

- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D16
- Tulangan geser : $\emptyset 12$
- Decking : 50 mm
- Dimensi balok bordes : 250 x 400 mm
Bentang kotor (L) : 3 m
Bentang bersih (L_n) : 2,5 m
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho b = \frac{0,85x\beta_1x f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

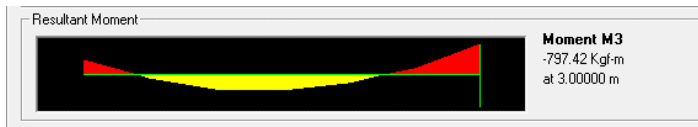
$$\rho b = \frac{0,85x0,8x35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho b = 0,75(0,036) = 0,027$$

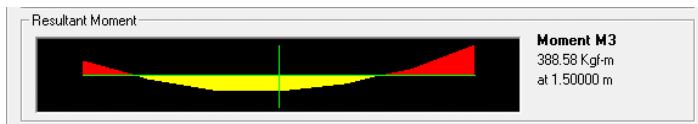
$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85x f_c'} = \frac{400}{0,85x35} = 13,45$$

B. Penulangan Lentur Balok Bordes Setelah Komposit



Gambar 6.15 Hasil Momen Balok Bordes pada Tumpuan



Gambar 6.16 Hasil Momen Balok Bordes pada Lapangan

Penulangan Tumpuan

$$d = 400 - 50 - 12 - \frac{16}{2} = 330 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan tunggal,

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{797,42}{0,9} = 886 \text{ kg. m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{886 \cdot 10^4}{250 \cdot 330^2} = 0,325$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,325 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00082$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,00082 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 330 = 288,8 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$A_{S_{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{pakai}} > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(330 - \frac{21,63}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 46206914 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi Mn = 46,21 \text{ kN} \cdot \text{m} > (Mu = 7,97 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

Penulangan Lapangan

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{388,6}{0,9} = 431,8 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Direncanakan menggunakan tulangan tunggal,

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{431,8 \cdot 10^4}{250 \cdot 330^2} = 0,159$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,159x13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0004$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,0004 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 250 \times 330 = 288,8 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$As_{pakai} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(330 - \frac{21,63}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 46206914 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 46,21 \text{ kN.m} > (Mu = 7,97 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

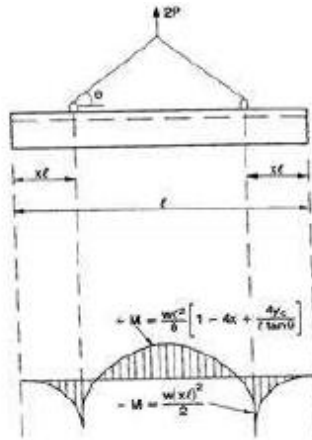
C. Penulangan Lentur Balok Bordes Sebelum Komposit

Perhitungan sebelum komposit dibagi menjadi 3 tahap kondisi yaitu :

1. Kondisi Pengangkatan

Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat yang sudah disediakan oleh PCI seperti gambar di bawah ini. Beban yang bekerja pada balok saat pengangkatan adalah berat sendiri

$$\text{Berat balok bordes pracetak} = 162 \text{ kg/m}$$



Gambar 6.17 Momen Pengangkatan Balok Berdasarkan PCI

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{pracetak}}{2} = \frac{270}{2} = 135 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 135 + 50 = 185 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

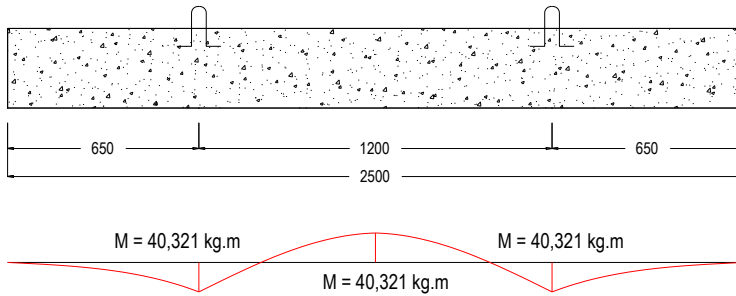
$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \cdot x \cdot \tan \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \cdot x \cdot \tan \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4(185)}{(2500) \cdot x \cdot \tan(45^\circ)}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{135}{135} \left(1 + \frac{4(185)}{2500 \cdot x \cdot \tan(45^\circ)} \right)} \right)}$$

$$X = 0,257$$

$$X \times L = 0,257 \times 2500 = 642,5 \text{ mm}$$

$$L - (2X \times L) = 2500 - (2(642,5)) = 1215 \text{ mm}$$



Gambar 6.18 Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Bordes

Momen dikalikan dengan beban kejut :

$$\begin{aligned}
 M_{\text{lap}} &= \frac{qu l^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4yc}{l \tan \theta} \right] x1,2 \\
 &= \frac{162 \cdot 2,5^2}{8} \left[1 - 4(0,257) + \frac{4(0,235)}{(2,5 \tan(45))} \right] x1,2 \\
 &= 40,321 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{tump}} &= \frac{qu(xl)^2}{2} x1,2 \\
 &= \frac{(162)(0,257 \cdot 2,5)^2}{2} x1,2 \\
 &= 40,321 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$d = 270 - 50 - 12 - \frac{16}{2} = 200 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan tunggal,

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{40,321}{0,9} = 44,80 \text{ kg.m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{44,80 \cdot 10^4}{250 \cdot 200^2} = 0,045$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,045x13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00011$$

Sehingga, $\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 \geq 0,00011 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 250 \times 200 = 175 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$A_{S_{\text{pakai}}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{pakai}}} > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(200 - \frac{21,63}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 27387518 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi Mn = 27,39 \text{ kN} \cdot \text{m} > (Mu = 0,403 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

Penulangan Lapangan

Perhitungan digunakan tulangan tunggal sehingga,

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{40,321}{0,9} = 44,80 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{44,80 \cdot 10^4}{250 \cdot 200^2} = 0,045$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,045 \times 13,45}{400}}\right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,00011$$

Sehingga, $\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 \geq 0,00011 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 200 = 175 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$A_{s_{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(200 - \frac{21,63}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 27387518 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 27,39 \text{ kN.m} > (Mu = 0,403 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok bordes pracetak direncanakan akan diangkat ketika umur beton 3 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,40 f'_c = 0,40 \cdot 35 \text{ MPa} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{14} = 2,62 \text{ MPa}$$

$$W_t = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 250 \times 270^2 = 3037500 \text{ mm}^3$$

▪ Tegangan Tumpuan

$$\sigma_{tump} = \frac{M_{tump}}{W_t} = \frac{40,321 \times 10^4}{3037500}$$

$$\sigma_{tump} = 0,132 \text{ MPa} < f_r = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

▪ Tegangan Lapangan

$$\sigma_{lap} = \frac{M_{lap}}{W_t} = \frac{40,321 \times 10^4}{3037500}$$

$$\sigma_{lap} = 0,132 \text{ MPa} < f_r = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Kondisi Pemasangan

Beban Mati (DL)

- Berat sendiri balok = $0,25 \times 0,27 \times 2400 = 162 \text{ kg/m}$
 - Berat pelat bordes = $0,13 \times 1,475 \times 2400 = 460,2 \text{ kg/m} +$
- DL = 622,2 kg/m**

Kombinasi Beban (Qu)

$$1,2DL + 1,6LL = 1,2 (622,2 \text{ kg/m}) + 1,6 (0 \text{ kg/m})$$

$$\mathbf{Qu = 746,6 \text{ kg/m}}$$

$$\begin{aligned} Mu_{\text{lap}} &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot (746,6) \cdot (2,5)^2 \\ &= 583,31 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan Lapangan

Perhitungan digunakan tulangan tunggal sehingga,

$$d = 270 - 50 - 12 - \frac{16}{2} = 200 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{583,31 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 250 \cdot 200^2} = 0,648$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,648 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0016$$

Sehingga, $\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$

$$0,0035 \geq 0,0016 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 200 = 175 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$As_{\text{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{pakai}} > As_{\text{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(200 - \frac{21,63}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 27387518 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 27,39 \text{ kN.m} > (Mu = 5,83 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok bordes pracetak direncanakan akan dipasang ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$fci = 0,65 f'c' = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$fr = 0,7 \sqrt{fci} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$Mlap = 583,31 \text{ kg.m}$$

$$Wt = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 250 \times 270^2 = 3037500 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\begin{aligned} \sigma_{lap} &= \frac{Mlap}{Wt} = \frac{583,31 \cdot 10^4}{3037500} \\ &= 1,92 \text{ MPa} < fr = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Kondisi PengecoranBeban Mati (DL)

$$\text{- Berat sendiri balok} = 0,25 \times 0,4 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat pelat bordes} = 0,13 \times 1,475 \times 2400 = 460,2 \text{ kg/m} +$$

$$\text{DL} = 700,2 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban (Qu)

$$1,2\text{DL} + 1,6\text{LL} = 1,2 (700,2 \text{ kg/m}) + 1,6 (0 \text{ kg/m})$$

$$\text{Qu} = 840,2 \text{ kg/m}$$

$$Mu_{lap} = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot (840,2) \cdot (2,5)^2$$

$$= 656,44 \text{ kg.m}$$

Penulangan Lapangan

Perhitungan digunakan tulangan tunggal sehingga,

$$d = 400 - 50 - 12 - \frac{16}{2} = 330 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{656,44 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 250 \cdot 330^2} = 0,268$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,268 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00067$$

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

$$0,0035 \geq 0,00067 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 330 = 288,8 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D16,

$$A_{S_{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 16^2) = 402,12 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{pakai}} > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D16

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga

digunakan tulangan tekan 2-D16

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{402,12 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 250)} = 21,63 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (402,12) \cdot (400) \cdot \left(330 - \frac{21,63}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 46206914 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi Mn = 46,21 \text{ kN} \cdot \text{m} > (Mu = 6,56 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok bordes pracetak direncanakan akan dicor ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

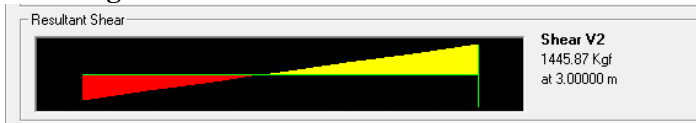
$$M_{lap} = 656,44 \text{ kg.m}$$

$$W_t = \frac{1}{6} x b x h^2 = \frac{1}{6} x 250 x 270^2 = 3037500 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\sigma_{lap} = \frac{M_{lap}}{W_t} = \frac{656,44 \cdot 10^4}{3037500} = 2,16 \text{ MPa} < f_r = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

D. Penulangan Geser



Gambar 6.19 Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Bordes

$$V_u = 1445,87 \text{ kg}$$

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03- 2847-2013 Pasal 11.1.3.1.

$$V_u' = \frac{V_u}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{1445,87}{3000} \cdot \left(\frac{3000}{2} - 330 \right)$$

$$V_u' = 1127,7 \text{ kg} = 11277,7 \text{ N}$$

Berdasarkan (SNI 2847:2013, Ps 11.2.1.1) kemampuan beton untuk menahan gaya geser ditentukan dengan perumusan berikut:

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}b_wd$$

$$V_c = 0,17(1)\sqrt{35} (250) (330) = 81346,09 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 (81346,09 \text{ N}) = 61009,57 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5 (61009,57 \text{ N}) = 30504,78 \text{ N}$$

Karena $0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$

$$30504,78 \text{ N} \geq 11277,7 \text{ N} \leq 61009,57 \text{ N}$$

Maka masuk kondisi 1, tidak memerlukan tulangan geser namun dipasang tulangan geser minimum.

$$V_{smin} = \frac{b_w \cdot d}{3} = \frac{250 \cdot 330}{3} = 27500 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\phi 12$

$$A_v = 2x(0,25 \times \pi \times 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 330}{27500}$$

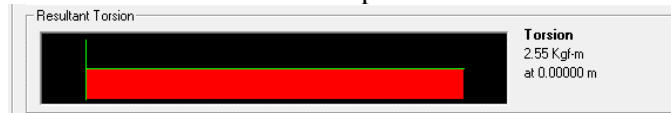
$$S_{perlu} = 651,45 \text{ mm}$$

Diambil $S = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai sengkang $\phi 12$ - 150 mm

E. Penulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6.20 Hasil Gaya Torsi maksimum pada Balok Bordes

1. Periksa kecukupan penampang menahan momen torsi terfaktor berdasarkan SNI 2847 – 2012 Pasal 11.5.3.1:

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton:

$$A_{cp} = b \times h = 250 \times 400 = 100000 \text{ mm}^2$$

Parameter luas irisan penampang beton Acp:

$$Pcp = 2 \times (b + h) = 2 \times (250 + 450) = 1300 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} Aoh &= (b - 2t_{deck} - 2D_{ges}) \times (h - 2t_{deck} - 2D_{ges}) \\ &= (250 - 2.40) - 2.12 \times (400 - (2.40) - 2.12) = 43216 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Poh &= 2 \times ((b - 2t_{deck} - 2D_{geser}) + (h - 2t_{deck} - 2D_{geser})) \\ &= 2 \times ((250 - 2.40) - 2.12) + (400 - (2.40) - 2.12)) = 884 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Tu = 0,025 \text{ kN.m}$$

$$Tn = \frac{Tu}{\emptyset} = \frac{0,025}{0,75} = 0,034 \text{ kN.m}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang daripada:

$$\begin{aligned} Tu_{min} &= \emptyset \cdot 0,083 \cdot \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \sqrt{35} \left(\frac{100000^2}{1300} \right) = 2,83 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimum Tu dapat diambil sebesar:

$$\begin{aligned} Tu_{max} &= \emptyset \cdot 0,33 \cdot \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,33 \times 1 \sqrt{35} \left(\frac{100000^2}{1300} \right) = 11,26 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Maka, Tu yang digunakan adalah $Tu = 0,025 \text{ kN.m}$

$$Vu = 14,45 \text{ kN}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d = \frac{1}{6} \times \sqrt{35} \times 250 \times 330 = 81,346 \text{ kN}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{14,45}{250 \times 330} \right)^2 + \left(\frac{0,025 \times 884 \text{ mm}}{1,7 \times 43216^2} \right)^2} = 0,00012$$

$$\phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right) = 0,75 \left(\frac{81,346}{250 \times 330} + 0,66 \sqrt{35} \right) = 2,93$$

Cek kecukupan penampang menahan torsi terfaktor:

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot p_h}{1,7 \cdot A_{sh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w \cdot d} + 0,66 \sqrt{f_c'} \right) \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Periksa persyaratan pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u \leq T_{u_{\min}} \rightarrow 0,025 \text{ kN.m} \leq 2,83 \text{ kN.m}$$

Karena $T_u \leq T_{u_{\min}}$, maka pengaruh puntir dapat diabaikan sehingga tulangan torsi dipasang minimum.

3. Perhitungan tulangan transversal penahan torsi

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 11.5.3.6, dalam menghitung penulangan transversal penahan torsi, nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$ dan nilai $\theta = 45^\circ$.

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 43216 = 36733,6 \text{ mm}^2$$

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

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{0,025 \times 10^6}{0,75 \times 2 \times 36733,6 \times 400 \times \cot 45} = 0,0011 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Pada daerah tumpuan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{Vs}{f_y \cdot d} = \frac{27500 \text{ N}}{400 \times 330} = 0,208 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,208 + (2 \times 0,0011) = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah **2 Ø 12**

$$\frac{A_{v,pakai}}{s} = \frac{2 \pi 0,25 \times 12^2}{150} = 1,51 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai $\frac{A_{v,pakai}}{s} \geq \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

- Pada daerah lapangan

Kebutuhan tulangan sengkang sebelum torsi:

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \cdot d} = \frac{27500 \text{ N}}{400 \times 330} = 0,208 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kebutuhan tulangan sengkang setelah torsi:

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + 2 \frac{A_t}{s} = 0,208 + (2 \times 0,0011) = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Untuk tulangan sengkang terpasang sebelum torsi adalah adalah **2 Ø 12 – 150**

$$\frac{A_{v,pakai}}{s} = \frac{2 \pi 0,25 \times 12^2}{150} = 1,51 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena nilai $\frac{A_{v,pakai}}{s} \geq \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan sengkang terpasang sudah mampu untuk menahan gaya geser dan gaya torsi.

4. Perhitungan tulangan longitudinal penahan torsi

Tulangan torsi dipasang minimum yaitu 2 D 13.

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 11.5.3.7, tulangan torsi untuk tulangan lentur dihitung sebagai berikut:

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

Sehingga:

$$A_l = 0,02 \times 884 \times \left(\frac{400}{400} \right) \cot^2 45 = 17,68 \text{ mm}^2$$

Apabila digunakan tulangan 2 D 12 $\rightarrow A_{Spakai} = 226,19 \text{ mm}^2$

$A_{Spakai} = 226,19 \text{ mm}^2 \geq A_{Sperlu} = 17,68 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

Sehingga tulangan torsi digunakan 2 Ø12.

F. Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Dari hasil perhitungan penulangan setiap kondisi pada saat sebelum komposit dibandingkan dengan hasil perhitungan sesudah komposit, maka tulangan yang dipasang pada balok bordes pracetak adalah:

Tabel 6.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes Sebelum Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
	b	h	Ln				
	(mm)	(mm)	(m)				
BB	250	270	2,5	Tumpuan	2 D16	Ø12 - 150	2 D12
				Lapangan	2 D16	Ø12 - 150	

Berikut hasil tulangan terpasang pada balok bordes :

Tabel 6.4 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes Setelah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b	h	Ln		Tump	Lap	Tump	Lap	
	(mm)	(mm)	(m)						
BB	250	400	2,5	Atas	2 D16	2 D16	Ø12 - 150	Ø12 - 150	2 D12
				Bawah	2 D16	2 D16			

6.4 Perencanaan Balok Penggantung Lift

6.4.1 Data Perencanaan

Direncanakan balok penggantung lift dicor insitu dengan data sebagai berikut:

Bentang (L)	= 2400 mm
Dimensi	= 300 x 500 mm
Cover (t)	= 50 mm
Mutu Beton f_c'	= 35 Mpa

Kuat Leleh Tul.Lentur	= 400 Mpa
Kuat Leleh Tul.Geser	= 240 Mpa
Tulangan lentur	= D22
Tulangan geser	= Ø12

Dari hasil perhitungan pembebanan pada program bantu SAP 2000 v.14, dengan kombinasi 1,2D + 1,6L didapatkan gaya-gaya sebagai berikut:



Gambar 6.21 Hasil Momen Maksimum pada Balok Penggantung Lift

- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

6.4.2 Penulangan Lentur Balok Penggantungan Lift

$$d = 500 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 427 \text{ mm}$$

Direncanakan menggunakan tulangan tunggal,

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{6942 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 427^2} = 1,41$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,41 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0036$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \leq 0,0036 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0036$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0036 \times 300 \times 427 = 462,8 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2D22,

$$A_{s_{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 22^2) = 760,265 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{760,265 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 34,07 \text{ mm}$$

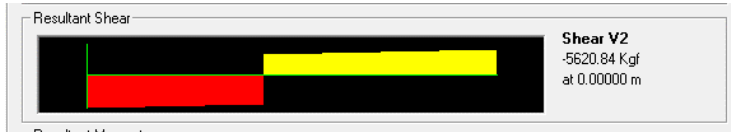
$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,9 \cdot (760,265 \cdot 2) \cdot (400) \cdot \left(427 - \frac{34,07}{2} \right)$$

$$= 112205115 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 112,2 \text{ kN.m} > (Mu = 77,13 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

6.4.3 Penulangan Geser



Gambar 6.22 Hasil Gaya Geser Maksimum pada Balok Penggantung Lift

$$V_u = 5620,84 \text{ kg}$$

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu** sejarak **d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.

$$Vu' = \frac{Vu}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{5620,84}{\frac{3000}{2}} \cdot \left(\frac{3000}{2} - 427 \right)$$

$$Vu' = 4020,77 \text{ kg} = 40207,7 \text{ N}$$

Berdasarkan (SNI 2847:2013, Ps 11.2.1.1) kemampuan beton untuk menahan gaya geser ditentukan dengan perumusan berikut:

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}b_wd$$

$$V_c = 0,17(1)\sqrt{35}(300)(427) = 126308,3 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75(126308,3 \text{ N}) = 94731,22 \text{ N}$$

$$0,5\phi V_c = 0,5(94731,22 \text{ N}) = 47365,61 \text{ N}$$

Karena $0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$

$$47365,61 \text{ N} \geq 40207,7 \text{ N} \leq 94731,22 \text{ N}$$

Maka masuk kondisi 1, tidak memerlukan tulangan geser namun dipasangan tulangan geser minimum.

$$Vs_{min} = \frac{bw \cdot d}{3} = \frac{300 \cdot 427}{3} = 42700 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\emptyset 12$

$$A_v = 2x(0,25 \times \pi \times 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{pertu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 427}{42700}$$

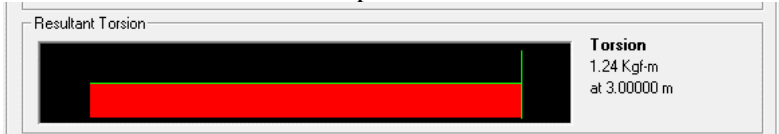
$$S_{pertu} = 542,88 \text{ mm}$$

Diambil $S = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai sengkang $\emptyset 12 - 150 \text{ mm}$

6.4.4 Penulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6.23 Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Penggantungan Lift

Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u < T_{u_{min}}$$

$$T_u < \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \times h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (300 \text{ mm} + 400 \text{ mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$T_{u_{min}} = 0,75 \cdot 0,083 (1) \sqrt{35} \left(\frac{150000^2}{1400} \right) = 5,71 \text{ kN.m}$$

$$T_u < T_{u_{min}}$$

$$0,012 \text{ kN.m} < 5,71 \text{ kN.m}$$

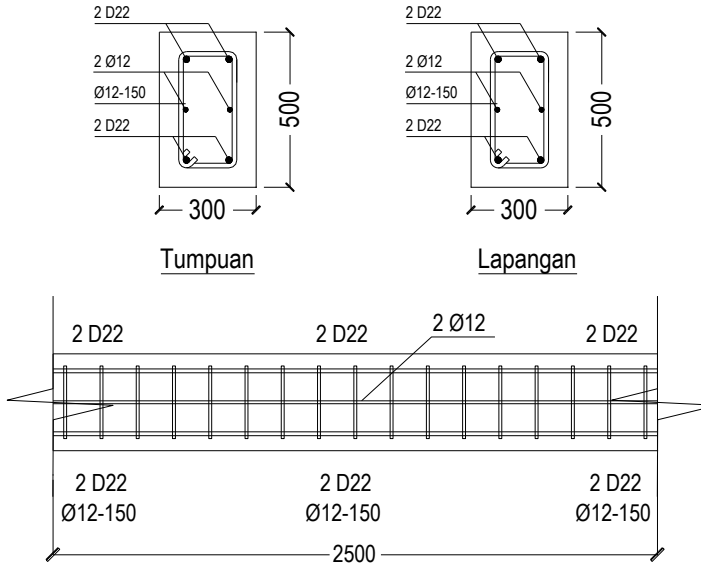
Torsi dapat diabaikan, namun tetap dipasang tulangan torsi minimum $2\emptyset 12$

6.4.5 Rekapitulasi Perencanaan Balok Penggantung Lift

Dari hasil perhitungan penulangan lentur, geser, torsi maka tulangan yang dipasang pada balok penggantung lift adalah :

Tabel 6.5 Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Lift

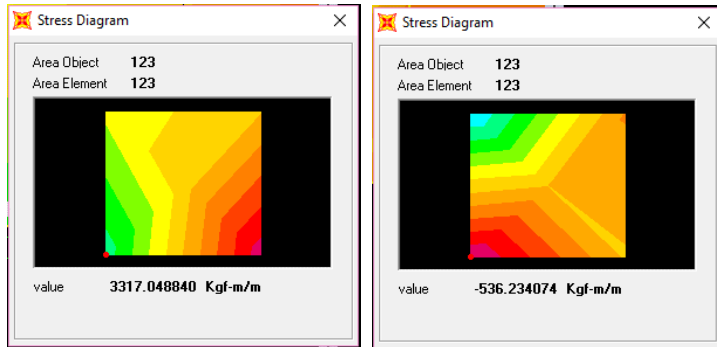
Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b	h	Ln		Tump	Lap	Tump	Lap	
	(mm)	(mm)	(m)						
BL	300	500	2,5	Atas	2 D22	2 D22	Ø12 -150	Ø12 -150	2 Ø12
				Bawah	2 D22	2 D22			



Gambar 6.24 Penulangan Balok Penggantung Lift

6.5 Perencanaan Dinding Basement

Dari hasil analisis menggunakan SAP 2000 v.18 dengan didapatkan hasil:



Gambar 6.25 Hasil Momen Maksimum pada Dinding Basement

Mu- maks = -3317,04 kgm = 33,17 kNm

Mu+ maks = 536,23 kgm = 5,36 kNm

Perhitungan Penulangan Lentur Momen Negatif

- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 x f'c'} = \frac{400}{0,85 x 35} = 13,45$$

$$d = 300 - 40 - \frac{16}{2} = 252 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{3317,04 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 1000 \cdot 252^2} = 0,58$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,58 \cdot 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,001$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,001 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{S_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,0035 \times 1000 \times 252 = 882 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan D16 - 150 mm,

$$A_{S_{pakai}} = (0,25 \times \pi \times 16^2) \frac{1000}{150} = 1340,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{pakai}} > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Perhitungan Penulangan Susut

Pada penulangan arah Y dipasang tulangan pembagi untuk menahan susut dan suhu dengan $\rho_{min} = 0,002$ (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times b \times t$$

$$A_{S_{perlu}} = 0,002 \times 1000 \times 300 = 600 \text{ mm}^2$$

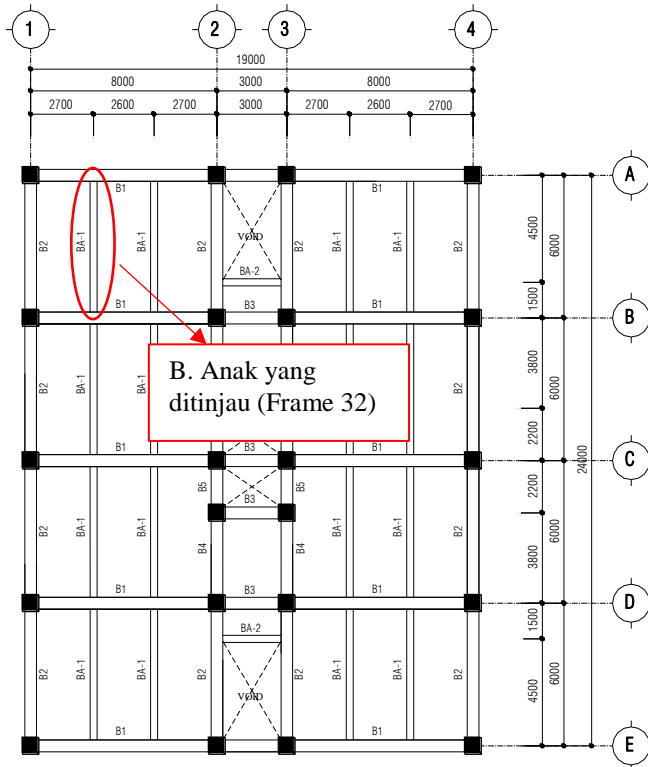
Dicoba tulangan D16 - 150 mm,

$$A_{S_{pakai}} = (0,25 \times \pi \times 16^2) \frac{1000}{150} = 1340,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{pakai}} > A_{S_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

6.6 Perencanaan Balok Anak

Dalam perhitungan sub-bab ini, akan dilakukan perhitungan sebelum komposit yang meliputi akibat pengangkatan, pemasangan, pengecoran dan perhitungan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit.



Gambar 6.26 Denah Balok Anak yang Ditinjau

6.6.1 Data Perencanaan

- Tipe balok anak : BA1
- Dimensi balok anak : 30 cm x 50 cm
- Panjang balok anak (L_n): 5,5 m

- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D22
- Tulangan sengkang : $\emptyset 12$
- Decking : 50mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

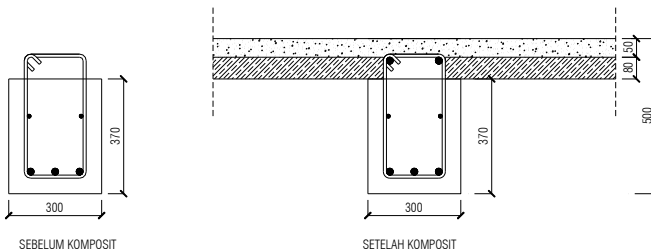
$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$



Gambar 6.27 Dimensi Balok Anak

6.6.2 Penulangan Lentur Setelah Komposit

Nilai momen yang digunakan dalam perhitungan penulangan balok anak didapatkan dari program bantu SAP2000 v.14



Gambar 6.28 Hasil Momen Maksimum pada Balok Anak

$$d = 500 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 427 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{15844}{0,9} = 17605 \text{ kg.m} = 176,05 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 427 = 192,2$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$Asc = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x}{f_y}$$

$$Asc = \frac{0,85 x 0,80 x 35 x 300 x 100}{400} = 1785 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc x f_y x \left(d - \frac{\beta_1 x x}{2} \right)$$

$$Mnc = 1785 x 400 x \left(427 - \frac{0,85 x 100}{2} \right)$$

$$Mnc = 276300000 \text{ N.mm} = 276,3 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 176,05 - 276,3 = -100,3 \text{ kN.m}$$

$Mn - Mnc < 0$, maka perlu tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{15844 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 427^2} = 3,21$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,21 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,008$$

$$\text{Sehingga, } \rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0035 \leq 0,008 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,008$

$$A_{sperlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{sperlu} = 0,008 \times 300 \times 427 = 1093 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 3D22,

$$A_{spakai} = 3 \times (0,25 \times \pi \times 22^2) = 1140 \text{ mm}^2$$

$$A_{spakai} > A_{sperlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 A_s sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1140 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 51,11 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1140,4) \cdot (400) \cdot \left(427 - \frac{51,11}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 1648105,08 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi Mn = 164,8 \text{ kN} \cdot \text{m} > (Mu = 158,44 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

6.6.3 Penulangan Geser



Gambar 6.29 Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Anak

$$Vu = 8878,92 \text{ kg}$$

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **Vu sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.

$$Vu' = \frac{Vu}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$Vu' = \frac{8878,92}{6000} \cdot \left(\frac{6000}{2} - 427 \right)$$

$$Vu' = 7615,15 \text{ kg} = 76151,5 \text{ N}$$

Berdasarkan (SNI 2847:2013, Ps 11.2.1.1) kemampuan beton untuk menahan gaya geser ditentukan dengan perumusan berikut:

$$Vc = 0,17\lambda\sqrt{f'c}b_wd$$

$$Vc = 0,17(1)\sqrt{35} (300) (427) = 126308,3 \text{ N}$$

$$\phi Vc = 0,75 (126308,3 \text{ N}) = 94731,22 \text{ N}$$

$$0,5\phi Vc = 0,5 (94731,22 \text{ N}) = 47365,61 \text{ N}$$

Karena $0,5\phi Vc \leq Vu \leq \phi Vc$

$$47365,61 \text{ N} \leq 76151,5 \text{ N} \leq 94731,22 \text{ N}$$

Maka masuk kondisi 2, memerlukan tulangan geser,

$$Vs_{min} = \frac{bw \cdot d}{3} = \frac{300 \cdot 427}{3} = 42700 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\phi 12$

$$Av = 2x(0,25 \times \pi \times 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 427}{42700}$$

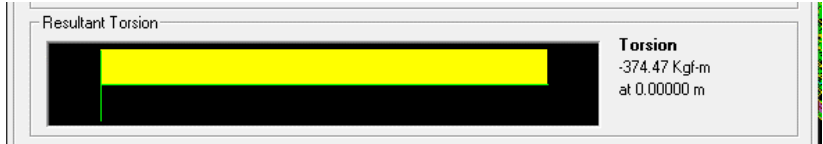
$$S_{perlu} = 542,88 \text{ mm}$$

Diambil $S = 150 \text{ mm}$

Maka dipakai sengkang $\phi 12$ - 150 mm

6.6.4 Penulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6.30 Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Anak

Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$Tu < Tu_{min}$$

$$Tu < \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$Acp = b \times h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2 \times (b + h) = 2 \times (300\text{mm} + 400\text{mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{min} = 0,75 \cdot 0,083 (1) \sqrt{35} \left(\frac{150000^2}{1400} \right) = 5,71 \text{ kN.m}$$

$$Tu < Tu_{min}$$

$$3,74 \text{ kN.m} < 5,71 \text{ kN.m}$$

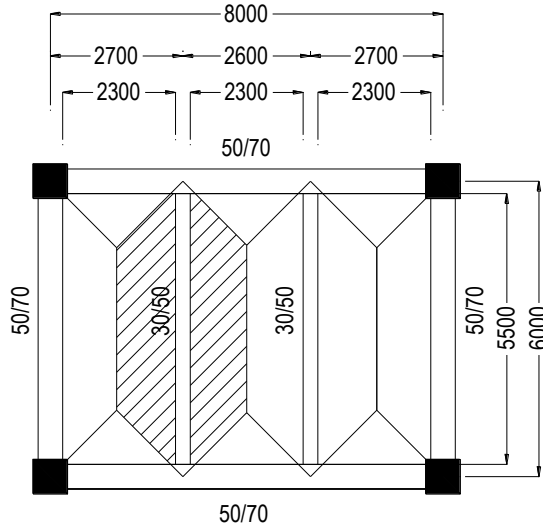
Torsi dapat diabaikan, namun tetap dipasang tulangan torsi minimum 2Ø12

6.6.5 Kontrol Pracetak Sebelum Komposit

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua berat merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada diatas pelat. Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium pada lajur yang panjang.

Beban – beban trapesium tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen untuk mendapatkan momen maksimumnya. Untuk mempermudah pemahaman pembebanan pada balok anak

berikut disajikan gambar distribusi beban trapesium pada balok anak.



Gambar 6.31 Distribusi Beban Trapesium pada Balok Anak

1. Kondisi Pengangkatan

Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat yang sudah disediakan oleh PCI seperti gambar di bawah ini. Beban yang bekerja pada balok saat pengangkatan adalah berat sendiri

Berat balok anak pracetak = 266,4 kg/m

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{\text{pracetak}}}{2} = \frac{370}{2} = 185 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 185 + 50 = 235 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

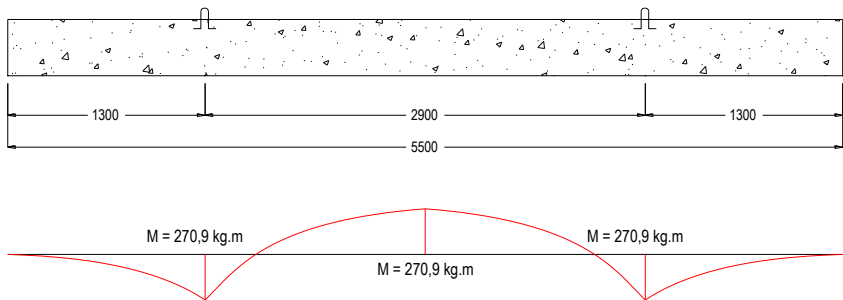
$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{Lx_t g \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{Lx_t g \theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4(235)}{(5500) \operatorname{tg}(45)}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{185}{185} \left(1 + \frac{4(235)}{5500 \operatorname{tg}(45)} \right)} \right)}$$

$$X = 0,237$$

$$X \times L = 0,237 \times 5500 = 1303,5 \text{ mm}$$

$$L - (2X \times L) = 5500 - (2(1303,5)) = 2893 \text{ mm}$$



Gambar 6.32 Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Anak

Momen dikalikan dengan beban kejut :

$$\begin{aligned} M_{\text{lapp}} &= \frac{qu l^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4yc}{l \tan \theta} \right] \times 1,2 \\ &= \frac{266,4 \cdot 5,5^2}{8} \left[1 - 4(0,237) + \frac{4(0,235)}{(5,5 \tan(45))} \right] \times 1,2 \\ &= 270,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tump}} &= \frac{qu(xl)^2}{2} \times 1,2 \\ &= \frac{(266,4)(0,237 \cdot 5,5)^2}{2} \times 1,2 \\ &= 270,9 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$d = 370 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 297 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{0,9} = \frac{270,9}{0,9} = 301 \text{ kg.m} = 3,01 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 297 = 133,65$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x x}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 x 0,80 x 35 x 300 x 100}{400} = 1785 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{nc} = 1785 x 400 x \left(297 - \frac{0,85 x 100}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 183498000 \text{ N.mm} = 183,5 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 3,01 - 183,5 = -180 \text{ kN.m}$$

$M_n - M_{nc} < 0$, maka perlu tulangan tumpang

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{270,9 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 297^2} = 0,114$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,114x13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

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

$$0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} x b x d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 x 300 x 297 = 311,9 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 3 D22,

$$A_{s_{pakai}} = 3 x (0,25 x \pi x 22^2) = 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1140,4 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 51,11 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \phi Mn &= 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 0,9 \cdot (1140,4) \cdot (400) \cdot \left(297 - \frac{51,11}{2}\right) \\ &= 111439876,1 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\phi Mn = 111,4 \text{ kN.m} > (Mu = 2,709 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Penulangan Lapangan

Perhitungan digunakan tulangan tunggal sehingga,

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{270,9 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 297^2} = 0,114$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,114 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 300 \times 297 = 311,9 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 3 D22,

$$As_{pakai} = 3 \times (0,25 \times \pi \times 22^2) = 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang } x f_y}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1140,4 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 51,11 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1140,4) \cdot (400) \cdot \left(297 - \frac{51,11}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 111439876,1 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\phi Mn = 111,4 \text{ kN} \cdot \text{m} > (Mu = 2,709 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok anak pracetak direncanakan akan diangkat ketika umur beton 3 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$fci = 0,40 f'c = 0,40 \cdot 35 \text{ MPa} = 14 \text{ MPa}$$

$$fr = 0,7 \sqrt{fci} = 0,7 \sqrt{14} = 2,62 \text{ MPa}$$

$$Wt = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 370^2 = 6845000 \text{ mm}^3$$

▪ Tegangan Tumpuan

$$\sigma_{tump} = \frac{Mtump}{Wt} = \frac{270,9 \times 10^4}{6845000}$$

$$\sigma_{tump} = 0,396 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

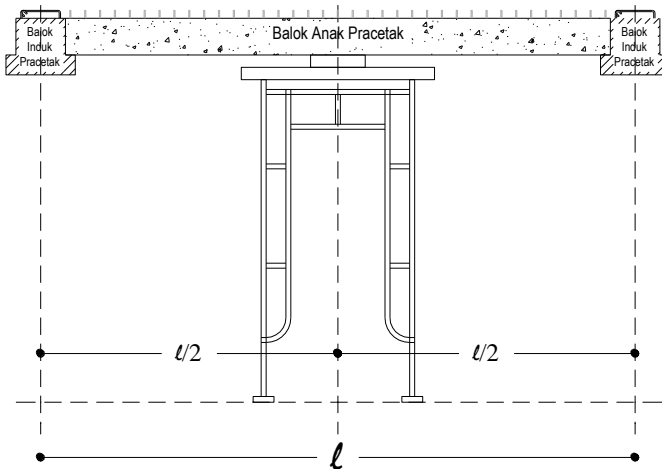
▪ Tegangan Lapangan

$$\sigma_{lap} = \frac{Mlap}{Wt} = \frac{270,9 \times 10^4}{6845000}$$

$$\sigma_{lap} = 0,396 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Kondisi Pemasangan

Pada saat pemasangan balok anak, dibantu dengan menggunakan perancah ditengah bentang. Beban yang bekerja pada saat proses pemasangan yaitu berat sendiri balok anak pracetak, berat pelat pracetak dan beban hidup pekerja.



Gambar 6.33 Sketsa Pemasangan Balok Anak

Beban Mati (DL)

- Berat sendiri balok = $0,30 \times 0,37 \times 2400 = 266,4 \text{ kg/m}$
 $q_{DL} \text{ Pelat} = 0,07 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$
 - Berat ekw. Pelat = $2 \times \frac{1}{6} \times 192 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 415,8 \text{ kg/m}$
-
- DL = 682,2 kg/m**

Beban Pekerja (LL)

$$q_{LL} = 96 \text{ kg/m}^2 \text{ (SNI 1727-2013)}$$

$$\text{Berat ekw. Pelat} = 2 \times \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 207,93 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban (Qu)

$$1,2DL + 1,6LL = 1,2 (682,2 \text{ kg/m}) + 1,6 (207,93 \text{ kg/m})$$

$$\mathbf{Qu = 1151,4 \text{ kg/m}}$$

$$Mu_{lap} = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot (1151,4) \cdot \left(\frac{5,5}{2} \right)^2$$

$$= 1088 \text{ kg.m}$$

$$d = 370 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 297 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{1088}{0,9} = 1209,4 \text{ kg.m} = 12,09 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 297 = 133,65$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$Asc = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x x}{f_y}$$

$$Asc = \frac{0,85 x 0,80 x 35 x 300 x 100}{400} = 1785 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc x f_y x \left(d - \frac{\beta_1 x x}{2} \right)$$

$$Mnc = 1785 x 400 x \left(297 - \frac{0,85 x 100}{2} \right)$$

$$Mnc = 183498000 \text{ N.mm} = 183,5 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 12,09 - 183,5 = -171,4 \text{ kN.m}$$

$Mn - Mnc < 0$, maka perlu tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1088 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 297^2} = 0,457$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,457x13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0012$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,0012 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} x b x d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 x 300 x 297 = 311,9 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 3 D22,

$$As_{pakai} = 3 x (0,25 x \pi x 22^2) = 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1140,4 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 51,11 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1140,4) \cdot (400) \cdot \left(297 - \frac{51,11}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 111439876,1 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 111,4 \text{ kN.m} > (Mu = 10,88 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok anak pracetak direncanakan akan dipasang ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$fci = 0,65 f'c' = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$fr = 0,7 \sqrt{fci} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$M_{lap} = 1088 \text{ kg.m}$$

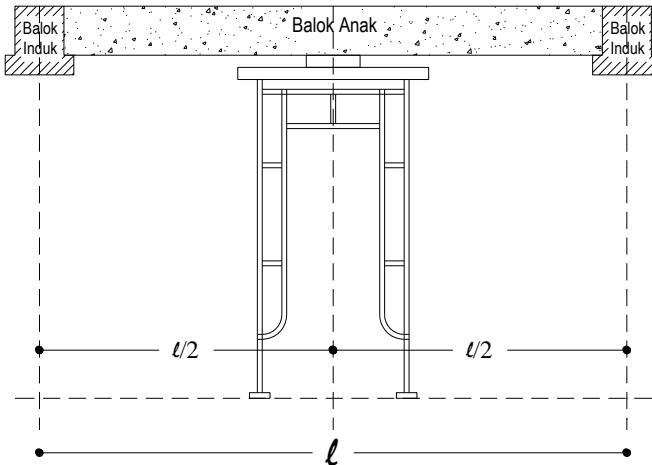
$$Wt = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 370^2 = 6845000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\begin{aligned} \sigma_{lap} &= \frac{M_{lap}}{Wt} = \frac{1088 \cdot 10^4}{6845000} \\ &= 1,59 \text{ MPa} < fr = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Kondisi Pengecoran

Pada saat pengecoran balok anak, tetap dibantu dengan menggunakan perancah ditengah bentang. Beban yang bekerja pada saat proses pengecoran yaitu berat sendiri balok anak pracetak, berat pelat pracetak, berat *overtopping* cor insitu dan beban hidup pekerja.



Gambar 6.34 Sketsa Pengecoran Balok Anak

Beban Mati (DL)

- Berat sendiri balok = $0,30 \times 0,50 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}$
 $q_{DL} \text{ Pelat} = 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$

- Berat ekw. Pelat = $2 \times \frac{1}{6} \times 312 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 675,8 \text{ kg/m}$

DL = 1035,8 kg/m

Beban Pekerja (LL)

$q_{LL} = 96 \text{ kg/m}^2$ (SNI 1727-2013)

Berat ekw. Pelat = $2 \times \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 207,92 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban (Qu)

$1,2DL + 1,6LL = 1,2 (1035,8 \text{ kg/m}) + 1,6 (207,92 \text{ kg/m})$

Qu = 1575,6 kg/m

$Mu_{lap} = \frac{1}{8} \cdot qu \cdot l^2$

$= \frac{1}{8} \cdot (1575,6) \cdot \left(\frac{5,5}{2} \right)^2$

$= 1489 \text{ kg.m}$

$$d = 500 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 427 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{1489}{0,9} = 1654,9 \text{ kg.m} = 16,54 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 427 = 192,2$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$Asc = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x x}{f_y}$$

$$Asc = \frac{0,85 x 0,80 x 35 x 300 x 100}{400} = 1785 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = Asc x f_y x \left(d - \frac{\beta_1 x x}{2} \right)$$

$$Mnc = 1785 x 400 x \left(427 - \frac{0,85 x 100}{2} \right)$$

$$Mnc = 276300000 \text{ N.mm} = 276,3 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 16,54 - 276,3 = -259,8 \text{ kN.m}$$

$Mn - Mnc < 0$, maka perlu tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{1489 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 427^2} = 0,303$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x0,303x13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0007$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,0007 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} x b x d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 x 300 x 427 = 448,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 3 D22,

$$A_{spakai} = 3 \times (0,25 \times \pi \times 22^2) = 1140,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{spakai} > A_{spertu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5 As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1140,4 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 51,11 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1140,4) \cdot (400) \cdot \left(297 - \frac{51,11}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 111439876,1 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 111,4 \text{ kN.m} > (Mu = 14,89 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek Tegangan

Elemen balok anak pracetak direncanakan akan dicor ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah:

$$f_{ci} = 0,65 f'_c = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$M_{lap} = 1489 \text{ kg.m}$$

$$W_t = \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 300 \times 370^2 = 6845000 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\begin{aligned} \sigma_{lap} &= \frac{M_{lap}}{W_t} = \frac{1489 \cdot 10^4}{6845000} \\ &= 2,17 \text{ MPa} < f_r = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

6.6.6 Perhitungan Tulangan Angkat

Beban mati:

- Berat balok pracetak = $0,30 \times 0,37 \times 5,5 \times 2400 = 1465,2 \text{ kg}$
 $Q_d = 1465,2 \text{ kg}$

Beban hidup:

- $P_{pekerja} = 133 \text{ kg (SNI 1727-2013)}$

$$\begin{aligned}\text{Beban ultimate} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2(1465,2) + 1,6(133) \\ &= 1971,04 \text{ kg}\end{aligned}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{1971,04}{2} = 985,52 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $2/3 f_y$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ MPa} = 2667 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{985,52}{2667} = 0,36 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D12 mm

$$A_s \text{ pakai} = 113 \text{ mm}^2 = 1,13 \text{ cm}^2 > 0,36 \text{ cm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat D12 mm

Menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan Tarik ($k_c=10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c \sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{985,52}{10\sqrt{35}}\right)^2} = 6,52 \approx 20 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (angkur) dipasang sedalam 20mm dari permukaan balok pracetak.

6.6.7 Rekapitulasi Perencanaan Balok Anak

Dari hasil perhitungan penulangan setiap kondisi pada saat sebelum komposit dibandingkan dengan hasil perhitungan sesudah komposit, maka tulangan yang dipasang pada balok anak pracetak adalah :

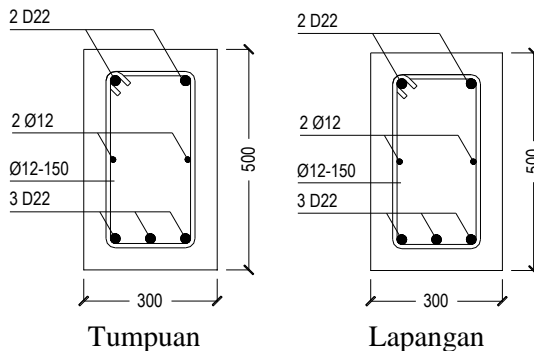
Tabel 6.6 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Sebelum Komposit

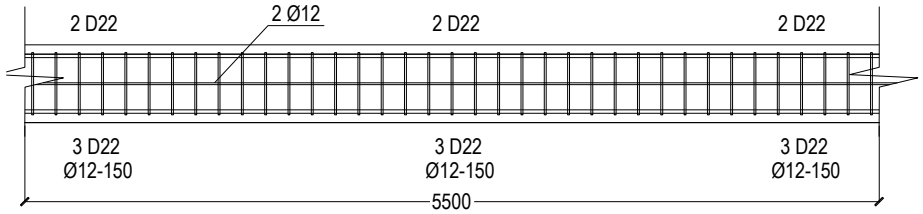
Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
	b	h	Ln				
	(mm)	(mm)	(m)				
BA-1	300	370	5,5	Tumpuan	3 D22	$\emptyset 12 - 150$	2 $\emptyset 12$
				Lapangan	3 D22	$\emptyset 12 - 150$	

Berikut hasil tulangan terpasang pada balok anak setelah komposit :

Tabel 6.7 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak Setelah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur		Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b	h	Ln		Tump	Lap	Tump	Lap	
	(mm)	(mm)	(m)						
BA-1	300	500	5,5	Atas	2 D22	2 D22	$\emptyset 12 - 150$	$\emptyset 12 - 150$	2 $\emptyset 12$
				Bawah	3 D22	3 D22			

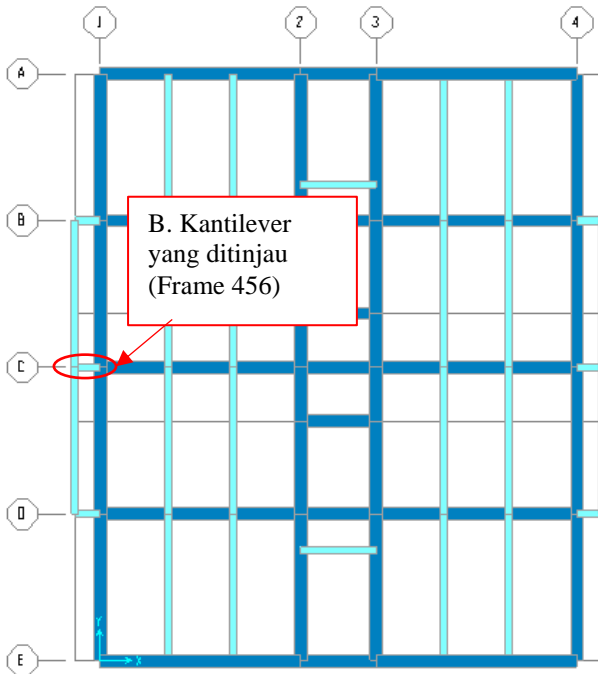




Gambar 6.35 Penulangan Balok Anak

6.7 Perencanaan Balok Kantilever

Dalam tugas akhir terapan ini, balok kantilever direncanakan dengan cara cor setempat. Pada perhitungan penulangan balok kantilever, balok yang ditinjau adalah balok yang mengalami momen terbesar dari hasil perhitungan SAP 2000 v.14.



Gambar 6.36 Balok Kantilever yang Ditinjau

6.7.1 Data Perencanaan

- Dimensi balok : 30 cm x 50 cm
- Panjang balok (L) : 1,0 m
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Tulangan lentur : D22
- Tulangan sengkang : $\emptyset 12$
- Decking : 50mm
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,8 \times 35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

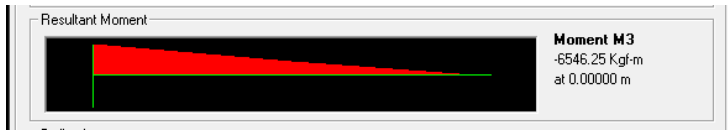
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

6.7.2 Penulangan Lentur Tumpuan

Nilai momen yang digunakan dalam perhitungan penulangan balok kantilever didapatkan dari program bantu SAP2000 v.14



Gambar 6.37 Hasil Momen Maksimum pada Balok Kantilever

$$d = 500 - 50 - 12 - \frac{22}{2} = 427 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{6546 \cdot 10^4}{0,9 \cdot 300 \cdot 427^2} = 1,33$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,33 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,003$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 \times 300 \times 427 = 448,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan 2 D22,

$$A_{s_{pakai}} = 2 \times (0,25 \times \pi \times 22^2) = 760,3 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2-D22

Untuk tulangan lentur tekan diambil 0,5.As sehingga digunakan tulangan tekan 2-D22

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{760,3 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 300)} = 34,07 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (760,3) \cdot (400) \cdot \left(427 - \frac{34,07}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 112205115,2 \text{ N.mm}$$

$$\phi Mn = 112,2 \text{ kN.m} > (Mu = 65,46 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

6.7.3 Penulangan Geser



Gambar 6.38 Hasil Gaya Geser maksimum pada Balok Anak

$$V_u = 7330,65 \text{ kg}$$

Gaya geser yang dipakai dalam perhitungan adalah gaya geser terfaktor, **V_u sejarak d** dari muka tumpuan sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1.3.1.

$$V_u' = \frac{V_u}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - d \right)$$

$$V_u' = \frac{7330,65}{1000} \cdot \left(\frac{1000}{2} - 427 \right)$$

$$V_u' = 1070,27 \text{ kg} = 10702,7 \text{ N}$$

Berdasarkan (SNI 2847:2013, Ps 11.2.1.1) kemampuan beton untuk menahan gaya geser ditentukan dengan perumusan berikut:

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

$$V_c = 0,17(1) \sqrt{35} (300) (427) = 126308,3 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 (126308,3 \text{ N}) = 94731,22 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 (94731,22 \text{ N}) = 47365,61 \text{ N}$$

Karena $0,5 \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$

$$47365,61 \text{ N} \geq 10702,7 \text{ N} \leq 94731,22 \text{ N}$$

Maka masuk kondisi 1, tidak memerlukan tulangan geser namun dipasangan tulangan geser minimum.

$$V_{smin} = \frac{b_w \cdot d}{3} = \frac{300 \cdot 427}{3} = 42700 \text{ N}$$

Jika digunakan sengkang 2 kaki $\phi 12$

$$A_v = 2x(0,25 \times \pi \times 12^2) = 226,2 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{226,2 \cdot 240 \cdot 427}{42700}$$

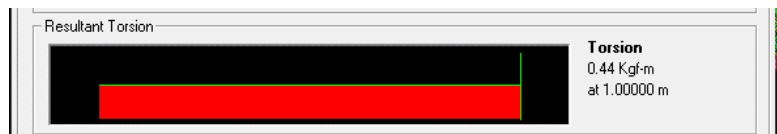
$$S_{perlu} = 542,88 \text{ mm}$$

Diambil S = 150 mm

Maka dipakai sengkang $\emptyset 12$ - 150 mm

6.7.4 Penulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6.39 Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Kantilever

Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$Tu < Tu_{min}$$

$$Tu < \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{fc'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)$$

$$Acp = b \times h = 300 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} = 150000 \text{ mm}^2$$

$$Pcp = 2 \times (b + h) = 2 \times (300\text{mm} + 400\text{mm}) = 1400 \text{ mm}$$

$$Tu_{min} = 0,75 \cdot 0,083 (1) \sqrt{35} \left(\frac{150000^2}{1400} \right) = 5,71 \text{ kN.m}$$

$$Tu < Tu_{min}$$

$$0,0044 \text{ kN.m} < 5,71 \text{ kN.m}$$

Torsi dapat diabaikan, namun tetap dipasang tulangan torsi minimum $2\emptyset 12$

6.7.5 Rekapitulasi Perencanaan Balok Kantilever

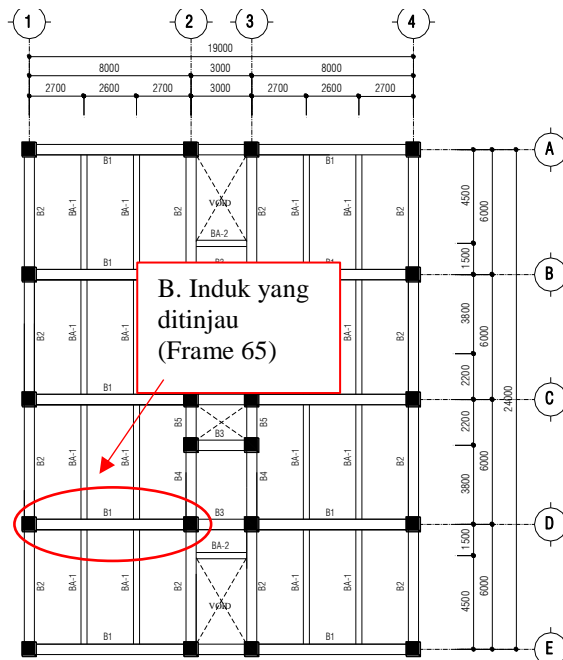
Dari hasil perhitungan penulangan lentur, geser, torsi maka tulangan yang dipasang pada balok kantilever adalah :

Tabel 6.8 Rekapitulasi Tulangan Terpasang pada Balok Lift

Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
	b (mm)	h (mm)	L (m)				
BL	300	500	1,0	Atas	2 D22	Ø12 - 150	2 Ø12
				Bawah	2 D22		

6.8 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam *preliminary design* Gedung Hotel Namira Syariah direncanakan dimensi balok induk dengan menggunakan beton pracetak. Sebagai contoh perhitungan akan menggunakan tipe balok BI-1



Gambar 6.40 Denah Balok Induk yang Ditinjau

6.8.1 Data Perencanaan

- Tipe balok : B1
- Bentang balok kotor : 8000 mm
- Bentang balok bersih : 7300 mm
- Dimensi balok : 500 x 700 mm
- Mutu beton (f_c') : 35 MPa
- Mutu baja (f_y) : 400 MPa
- Diameter tul. Lentur : D25
- Diameter tul. Geser : D13
- Tebal decking : 50 mm
- Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ): 0,9
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.1)
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ): 0,75
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0,75
(SNI 2847-2013 pasal 9.3.2.3)
- Untuk mutu beton $f_c' = 35$ MPa berdasarkan 2847:2013 pasal 10.2.7.3 harga dari β_1 adalah sebagai berikut:

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{35-28}{7} \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80 \geq 0,65$$

$$\beta_1 = 0,80$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85x\beta_1x f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,8x35}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,036$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,75(0,036) = 0,027$$

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

$$m = \frac{400}{0,85x f_c'} = \frac{400}{0,85x35} = 13,45$$

6.8.2 Penulangan Lentur Setelah Komposit

A. Cek Persyaratan SRPMK

Sebelum perhitungan penulangan balok, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya Tekan aksial terfaktor balok

$$Pu < \frac{A_g \cdot f_c'}{10}$$

$$24,68 \text{ kN} < \frac{(500 \times 700) \cdot 35}{10} = 1225 \text{ kN (OKE)}$$

- b. Bentang bersih untuk komponen struktur

$$d = h_{\text{balok}} - t - \emptyset_{\text{senggang}} - (D_{\text{lentur}}/2)$$

$$d = 700 - 50 - 13 - (25/2)$$

$$d = 624,5 \text{ mm}$$

$$l_n \geq 4d$$

$$7300 \text{ mm} \geq (4 \cdot 624,5 \text{ mm}) = 2498 \text{ mm (OKE)}$$

- c. Lebar komponen

$$b_w \geq 0,3 h \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$b_w = 500 \text{ mm} \geq 210 \text{ mm atau } 250 \text{ mm (OKE)}$$

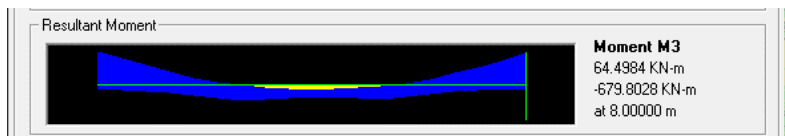
- d. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,3

$$\frac{b}{h} > 0,3$$

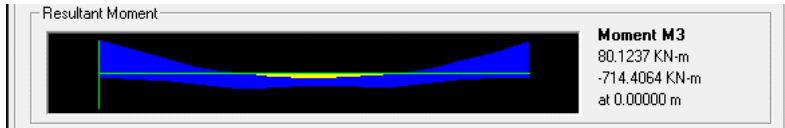
$$\left(\frac{500}{700} = 0,71 \right) > 0,3 \text{ (OKE)}$$

B. Hasil Output SAP

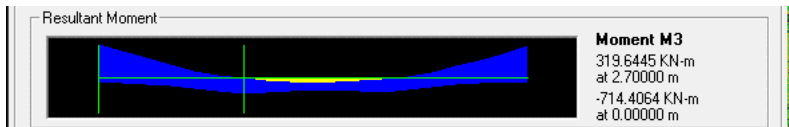
Gaya-gaya dalam yang terjadi pada balok, diperoleh menggunakan program bantu SAP 2000 v.14.



Gambar 6.41 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kanan Balok Induk



Gambar 6.42 Hasil Output SAP Momen Tumpuan Kiri Balok Induk



Gambar 6.43 Hasil Output SAP Momen Lapangan Balok Induk

Tabel 6.9 Momen Envelope pada balok akibat beban gravitasi dan beban gempa

Kondisi	Lokasi	Arah goyangan	Mu (kN.m)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	679.803
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	51.367
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	714.406
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	80.124
5	Lapangan	Kanan & Kiri	319.645

C. Perhitungan Penulangan Lentur Balok Induk

- Kondisi 1** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kanan)

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{679,80}{0,9} = 755,3 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 624,5 = 281,03$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} \times b \times x}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times 0,80 \times 35 \times 500 \times 100}{400} = 2975 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{nc} = 2975 \times 400 \times \left(624,5 - \frac{0,85 \times 100}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 695555000 \text{ N.mm} = 695,6 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 755,3 - 695,6 = 59,78 \text{ kN.m}$$

$M_n - M_{nc} > 0$, maka dihitung sebagai tulangan rangkap

$$C_{s'} = T = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d'}$$

$$C_{s'} = T = \frac{59781444,4 \text{ N.mm}}{624,5 - 75,5}$$

$$C_{s'} = T = 108892 \text{ N}$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) 600$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{75,5}{100} \right) 600$$

$$f_{s'} = 147 \text{ MPa} < f_y, \text{ maka digunakan } f_{s'} = 147 \text{ MPa}$$

Kebutuhan Tulangan Tarik (A_s)

$$A_{ss} = \frac{T}{f_y} = \frac{108892 \text{ N}}{400} = 272,23 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = 2975 + 272,23$$

$$A_s = 3247 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan Tulangan Tekan ($A_{s'}$)

$$As' = \frac{cs'}{fs' - 0,85 \times fc'}$$

$$As' = \frac{108892}{147 - 0,85 \times 35}$$

$$As' = 928,71 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tarik 8-D25 ($As_{pakai} = 3927 \text{ mm}^2 > As$)

Dipasang tulangan tekan 4-D25 ($As'_{pakai} = 1963 \text{ mm}^2 > As'$)

Tulangan tarik dipasang 2 lapis, dicoba 1 lapis = 5 tulangan

$$\text{Kontrol jarak} = \frac{500 - (2.50) - (2.13) - (5.25)}{5-1}$$

$$= 62,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OKE)}$$

$$d_{\text{aktual}} = 700 - 50 - 13 - 25 - (5/8) \times 25 = 596,4 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs'}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{3927 \times 400 - 1963 \times 147}{(0,85 \times 35 \times 500)}$$

$$= 86,2 \text{ mm}$$

$$Mn = 0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d')$$

$$Mn = 0,85 \cdot 35 \cdot 86,2 \cdot 500 \cdot \left(596,4 - \frac{86,2}{2}\right) + 1963 \cdot 147 \cdot (596,4 - 75,5)$$

$$Mn = 859733295 \text{ N} \cdot \text{mm} = 859,73 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \cdot 859,73 \text{ kN} \cdot \text{m} = 773,8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$(\emptyset Mn = 773,8 \text{ kN} \cdot \text{m}) \geq (Mu = 679,8 \text{ kN} \cdot \text{m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs'}{(0,85 \times f'c \times b)}$$

$$a = \frac{3927 \times 400 - 1963 \times 147}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 86,2 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{86,2}{596,4} = 0,145\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

2. **Kondisi 2** (Momen tumpuan kanan akibat goyangan ke kiri) SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut*.

$$Mu^+ = 51,367 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{2} Mu^- = \frac{1}{2} 679,80 \text{ kN.m} = 339,90 \text{ kN.m}$$

Karena $Mu^+ > \frac{1}{2} Mu^-$, maka dipakai adalah 339,90 kN.m

Didapatkan perhitungan menggunakan tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{339,90 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 624,5^2} = 1,937$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,937 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,005$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \leq 0,005 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,005$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,005 \times 500 \times 624,5 = 1565 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tekan 4D25,

$$As_{pakai} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 1963 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tekan 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1963 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963) \cdot (400) \cdot \left(624,5 - \frac{52,8}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m} > (Mu = 339,90 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)}$$

$$a = \frac{1963 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{624,5} = 0,085\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

3. Kondisi 3 (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kiri)

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{714,41}{0,9} = 793,8 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 \times \frac{600}{600 + fy} \times d$$

$$0,75 X_b = 0,75 \times \frac{600}{600 + 400} \times 624,5 = 281,03$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_{c'} \times b \times x}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \times 0,80 \times 35 \times 500 \times 100}{400} = 2975 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{nc} = 2975 \times 400 \times \left(624,5 - \frac{0,85 \times 100}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 695555000 \text{ N.mm} = 695,6 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 793,8 - 695,6 = 98,23 \text{ kN.m}$$

$M_n - M_{nc} > 0$, maka dihitung sebagai tulangan rangkap

$$C_{s'} = T = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d'}$$

$$C_{s'} = T = \frac{98229888,9 \text{ N.mm}}{624,5 - 75,5}$$

$$C_{s'} = T = 178925 \text{ N}$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{d'}{x} \right) 600$$

$$f_{s'} = \left(1 - \frac{75,5}{100} \right) 600$$

$$f_{s'} = 147 \text{ MPa} < f_y, \text{ maka digunakan } f_{s'} = 147 \text{ MPa}$$

Kebutuhan Tulangan Tarik (A_s)

$$A_{ss} = \frac{T}{f_y} = \frac{178925 \text{ N}}{400} = 447,31 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$A_s = 2975 + 447,31$$

$$A_s = 3422 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan Tulangan Tekan ($A_{s'}$)

$$A_{s'} = \frac{C_{s'}}{f_{s'} - 0,85 \times f_{c'}}$$

$$As' = \frac{178925}{147 - 0,85 \times 35}$$

$$As' = 1526 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan tarik 8-D25 ($As_{pakai} = 3927 \text{ mm}^2 > As$)
 Dipasang tulangan tekan 4-D25 ($As'_{pakai} = 1963 \text{ mm}^2 > As'$)

Tulangan tarik dipasang 2 lapis, dicoba 1 lapis = 5 tulangan

$$\text{Kontrol jarak} = \frac{500 - (2.50) - (2.13) - (5.25)}{5-1}$$

$$= 62,25 \text{ mm} > 25 \text{ mm (OKE)}$$

$$d_{\text{aktual}} = 700 - 50 - 13 - 25 - (5/8) \times 25 = 596,4 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs'}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{3927 \times 400 - 1963 \times 147}{(0,85 \times 35 \times 500)}$$

$$= 86,2 \text{ mm}$$

$$Mn = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d')$$

$$Mn = 0,85 \cdot 35 \cdot 86,2 \cdot 500 \cdot \left(596,4 - \frac{86,2}{2}\right) + 1963 \cdot 147 \cdot (596,4 - 75,5)$$

$$Mn = 859733295 \text{ N.m} = 859,73 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 859,73 \text{ kN.m} = 773,8 \text{ kN.m}$$

$$(\phi Mn = 773,8 \text{ kN.m}) \geq (Mu = 714,41 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \times fy - As' \times fs'}{(0,85 \times f'c \times b)}$$

$$a = \frac{3927 \times 400 - 1963 \times 147}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 86,2 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{86,2}{596,4} = 0,145\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*

4. **Kondisi 4** (Momen tumpuan kiri akibat goyangan ke kanan) SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan *bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.*

$$Mu^+ = 80,124 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{2} Mu^- = \frac{1}{2} 714,406 \text{ kN.m} = 357,20 \text{ kN.m}$$

Karena $Mu^+ > \frac{1}{2} Mu^-$, maka dipakai adalah 357,20 kN.m

Didapatkan perhitungan menggunakan tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{357,20 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 624,5^2} = 2,035$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,035 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0053$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \leq 0,0053 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0053$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0053 \times 500 \times 624,5 = 1647 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tekan 4D25,

$$As_{pakai} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 1963 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tekan 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1963 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963) \cdot (400) \cdot \left(624,5 - \frac{52,8}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m} > (Mu = 357,20 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \cdot fy}{(0,85 \cdot f'c \cdot b)}$$

$$a = \frac{1963 \cdot 400}{(0,85 \cdot 35 \cdot 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{624,5} = 0,085\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

5. Kondisi 5 (Momen lapangan akibat goyangan ke kanan & kiri)

SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.2.2 mensyaratkan bahwa *baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.*

$$Mu = 319,645 \text{ kN.m}$$

$$\frac{1}{4} Mu_{max} = \frac{1}{4} 714,406 \text{ kN.m} = 178,60 \text{ kN.m}$$

Karena $Mu^+ > \frac{1}{4} Mu_{max}$, maka dipakai adalah 319,645 kN.m

Didapatkan perhitungan menggunakan tulangan tunggal

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{319,64 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 624,5^2} = 1,821$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,821 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,005$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \leq 0,005 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,005$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,005 \times 500 \times 624,5 = 1468 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tekan 4D25,

$$A_{s_{pakai}} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 1963 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur tekan 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1963 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963) \cdot (400) \cdot \left(624,5 - \frac{52,8}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m} > (Mu = 357,20 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang tension-controlled

$$a = \frac{A_s \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)}$$

$$a = \frac{1963 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{624,5} = 0,085 \right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

Tabel 6.10 Konfigurasi Penulangan Balok Induk Memanjang B1

Kond.	Lokasi	Arah goyangan	Tulangan	As Pakai (mm ²)
1	Tumpuan Kanan (-)	Kanan	8D25	3927
2	Tumpuan Kanan (+)	Kiri	4D25	1963
3	Tumpuan Kiri (-)	Kiri	8D25	3927
4	Tumpuan Kiri (+)	Kanan	4D25	1963
5	Lapangan	Kanan & Kiri	4D25	1963

6.8.3 Penulangan Geser Balok Induk

1. Menghitung *Probable Moment Capacities (M_{pr})*

- a. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (8D25, A_s = 3927 mm²)

$$a_{pr_1} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3927 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$a_{pr_1} = 132 \text{ mm}$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 1,25 \cdot 3927 \cdot 400 \cdot \left(624,5 - \frac{132}{2} \right)$$

$$M_{pr_1} = 1096,6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kondisi 4 (4D25, $A_s = 1963 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_4} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$a_{pr_4} = 66 \text{ mm}$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 1,25 \cdot 1963 \cdot 400 \cdot \left(624,5 - \frac{66}{2} \right)$$

$$M_{pr_4} = 580,7$$

- b. Kapasitas momen ujung-ujung balok bila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 2 (4D25, $A_s = 1963 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_2} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1963 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$a_{pr_2} = 66 \text{ mm}$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 1,25 \cdot 1963 \cdot 400 \cdot \left(624,5 - \frac{66}{2} \right)$$

$$M_{pr_2} = 580,7$$

Kondisi 3 (8D25, $A_s = 3927 \text{ mm}^2$)

$$a_{pr_3} = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 3927 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500}$$

$$a_{pr_3} = 132 \text{ mm}$$

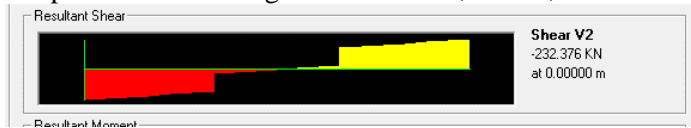
$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a_{pr_1}}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 1,25 \cdot 3927 \cdot 400 \cdot \left(624,5 - \frac{132}{2} \right)$$

$$M_{pr_3} = 1096,6 \text{ kN.m}$$

2. Menghitung Diagram Gaya Geser

Untuk mencari reaksi geser di ujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari Output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1,0L:



Gambar 6.44 Hasil Output SAP Gaya Geser Maksimum Kombinasi 1,2D + 1,0L

$$V_g = \frac{\omega u \cdot l_n}{2} = 232,376 \text{ kN}$$

$$W_u = 63,66 \text{ kN/m}$$

- a. Struktur bergoyang ke kanan

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_1} + M_{pr_4}}{l_n} = \frac{1096,6 + 580,7}{7,3 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 229,8 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok :

$$= 232,376 \text{ kN} + 229,8 \text{ kN} = 462,15 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok :

$$= 232,376 \text{ kN} - 229,8 \text{ kN} = 2,607 \text{ kN}$$

- b. Struktur bergoyang ke kiri

$$V_{sway} = \frac{M_{pr_2} + M_{pr_3}}{l_n} = \frac{580,7 + 1096,6}{7,3 \text{ m}}$$

$$V_{sway} = 229,8 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kiri balok :

$$= 232,376 \text{ kN} - 177 \text{ kN} = 2,607 \text{ kN}$$

Total reaksi geser di ujung kanan balok :

$$= 232,376 \text{ kN} + 177 \text{ kN} = 462,15 \text{ kN}$$

3. Menghitung Kebutuhan Sengkang untuk Gaya Geser

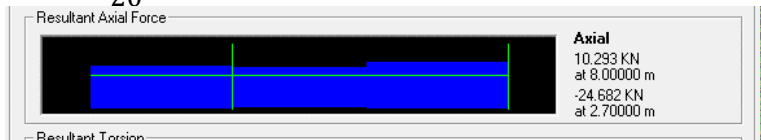
SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2 mensyaratkan bahwa kontribusi beton dalam menahan geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis apabila:

- Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis di ujung-ujung balok melebihi kuat geser perlu maksimum, V_u di sepanjang bentang.

Arah Gerakan Gempa	V_{sway} (kN)	Reaksi Tumpuan Kiri		Reaksi Tumpuan Kanan		Cek Syarat $V_{sway} > 0,5 V_u$
		V_u (kN)	$0,5 V_u$ (kN)	V_u (kN)	$0,5 V_u$ (kN)	
Kanan	229,8	462,15	231,07	2,607	1,303	OKE
Kiri	229,8	2,607	1,303	462,15	231,07	NO OKE

- Gaya aksial tekan terfaktor akibat gaya gempa dan gravitasi

$$< \frac{Ag \cdot f'c'}{20}$$



Gambar 6.45 Hasil Output SAP Gaya Aksial

Apabila diketahui $P_u = 24,682$ kN, dan

$$< \frac{Ag \cdot f'c'}{20} = \frac{500 \cdot 700 \cdot 35}{20} = 612,5 \text{ kN}$$

$$24,682 \text{ kN} < 612,5 \text{ kN} \text{ (OKE)}$$

Karena nilai $V_{sway} < \frac{1}{2} V_u$ dan $P_u < \frac{Ag \cdot f'c'}{20}$, maka nilai V_c dihitung sesuai persamaan:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 624,5 = 307,9 \text{ kN}$$

a. Daerah Sendi Plastis

$$V_u = 462,15 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - V_c = \frac{462,15}{0,75} - 307,9 = 308,3 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 624,5$$

$$V_{smax} = 1232 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 308,3 \text{ kN} < 1232 \text{ kN}$ – (Memenuhi)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 624,5}{308,3 \cdot 10^3 \text{ N}} = 107,54 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang sengkang **2 kaki D13 – 100 mm**

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 bahwa sengkang harus disediakan di sepanjang sendi plastis pada kedua ujung balok dengan panjang $2h = 2 \times 700 = 1400 \text{ mm}$ dengan jarak sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $d/4 = 624,5 \text{ mm} / 4 = 156,12 \text{ mm}$
- $6 \times D$. tulangan longitudinal terkecil
 $6 \times 25 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Dengan demikian, tulangan sengkang didaerah sendi plastis (yaitu di daerah sepanjang $2h = 1,4\text{m}$ dari muka kolom) menggunakan sengkang tertutup 2 kaki $\phi 12 - 100\text{mm}$. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

b. Daerah Luar Sendi Plastis

Gaya geser maksimum V_u di ujung zona sendi plastis, yaitu sejarak $2h = 2.700 \text{ mm} = 1400 \text{ mm}$ dari muka kolom adalah $462,15 \text{ kN} - (2h \cdot \omega_u) = 462,12 \text{ kN} - (1,4\text{m} \times 63,66 \text{ kN}) = 373 \text{ kN}$

Pada daerah ini V_c dapat diperhitungkan

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 624,5 = 307,9 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{373}{0,75} - 307,9 = 189,5 \text{ kN}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.4.7.9, nilai maksimum V_s adalah sebagai berikut:

$$V_{smax} = \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d = \frac{2}{3} \sqrt{35} \cdot 500 \cdot 624,5$$

$$V_{smax} = 1232 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s = 189,5 \text{ kN} < 1232 \text{ kN}$ – (Memenuhi)

Apabila dicoba digunakan sengkang D13 dipasang 2 kaki ($A_v = 265,46 \text{ mm}^2$)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 624,5}{189,5 \cdot 10^3 \text{ N}} = 174,9 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang sengkang **2 kaki D13 – 150 mm**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4, spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah $d/2$.

$$s_{max} = d/2 = 624,5 \text{ mm} / 2 = 312,25 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan diatas, untuk bentang di luar zona sendi plastis digunakan sengkang **2 kaki D13 – 150 mm**

6.8.4 Perhitungan Cut Off Point

Jumlah tulangan atas terpasang adalah 8D25 (4D25 + 4 D25). Dua buah tulangan atas D25 akan dipasang menerus di sepanjang bentang. Dua buah tulangan lainnya akan dicut-off, sehingga A_s sisa = $981,7 \text{ mm}^2$. Kuat lentur rencana dengan

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{981,7 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500} = 26,4 \text{ mm}$$

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

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 981,7 \cdot 400 \cdot \left(624,5 - \frac{26,4}{2} \right) = 216051264,7 \text{ N. mm}$$

$$\phi Mn = 216,05 \text{ kN. m}$$

Untuk mengetahui lokasi penampang dengan momen negative rencana 216,05 kNm pada balok, ambil penjumlahan momen di titik A, yaitu:

$$637x \left(\frac{1}{2}x \right) - 462x + (1097 - 216,05) = 0$$

$$31,83x^2 - 462x + 880,6 = 0$$

Dengan menggunakan rumus abc didapatkan:

$$x_1 = 12,26 \text{ m}$$

$$x_2 = 2,26 \text{ m}$$

Momen rencana 251,81 kNm terletak di 2,26 m baik dari muka kolom kanan maupun kiri. Data ini dipakai untuk menentukan lokasi cut-off point untuk tulangan 2D25.

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.12.3, mengharuskan setidaknya 1/3 tulangan tarik momen negatif pada tumpuan harus ditanam melewati titik belok tidak kurang dari d , $12db$, $ln/16$.

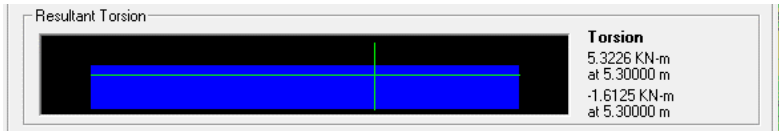
Jadi, tulangan 2D25 harus ditanam sepanjang yang terbesar diantara:

1. $2256 \text{ mm} + d = 2256 \text{ mm} + 624,5 \text{ mm} = 2880 \text{ mm}$
2. $2256 \text{ mm} + (12 \times 25) = 2256 \text{ mm} + 300 \text{ mm} = 2556 \text{ mm}$
3. $2256 \text{ mm} + (7300/16) = 2256 \text{ mm} + 456,3 \text{ mm} = 2712 \text{ mm}$

Maka tulangan 2D25 ditanamkan sejauh 3000 mm dari muka kolom kanan dan kiri.

6.8.5 Penulangan Torsi

Dari hasil analisis SAP 200 diperoleh nilai-nilai berikut:



Gambar 6.46 Hasil Gaya Torsi Maksimum pada Balok Induk

Periksa persyaratan Pengaruh puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika:

$$T_u < T_{u_{min}}$$

$$T_u < \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$A_{cp} = b \times h = 500 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 350000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b + h) = 2 \times (500\text{mm} + 700\text{mm}) = 2400 \text{ mm}$$

$$T_{u_{min}} = 0,75 \cdot 0,083 (1) \sqrt{35} \left(\frac{350000^2}{2400} \right) = 18,79 \text{ kN.m}$$

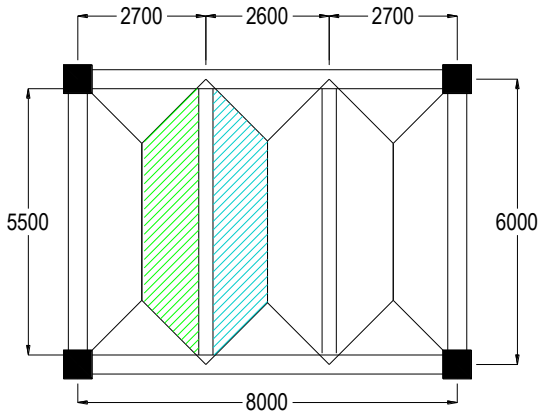
$$T_u < T_{u_{min}}$$

$$5,32 \text{ kN.m} < 18,79 \text{ kN.m}$$

Torsi dapat diabaikan, namun tetap dipasang tulangan torsi minimum 2D13

6.8.6 Kontrol Pracetak Sebelum Komposit

Balok induk pracetak pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan pada balok induk sebelum komposit merupakan beban terpusat dari balok anak dan beban merata dihitung menggunakan konsep luas tributari. Dimensi balok induk pracetak direncanakan 50×57 cm. Dalam perhitungan di bawah ini akan digunakan contoh balok induk melintang dengan bentang 7,3m.



Gambar 6.47 Pembebanan Trapesium yang Diterima Balok Anak

$$\begin{aligned} \text{Pelat kiri :} \quad L_x &= 270 - (50/2) - (30/2) = 230 \text{ cm} \\ &L_y = 600 - (50/2) - (50/2) = 550 \text{ cm} \\ \text{Pelat Kanan :} \quad L_x &= 270 - (50/2) - (30/2) = 230 \text{ cm} \\ &L_y = 600 - (50/2) - (50/2) = 550 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Kondisi Pengangkatan

Pada saat pengangkatan direncanakan menggunakan 2 buah titik angkat yang sudah disediakan oleh PCI seperti gambar di bawah ini. Beban yang bekerja pada balok saat pengangkatan adalah berat sendiri

$$\text{Berat balok induk pracetak} = 684 \text{ kg/m}$$

$$Y_t = Y_b = \frac{h_{\text{pracetak}}}{2} = \frac{570}{2} = 285 \text{ mm}$$

$$Y_c = Y_t + 50 \text{ mm} = 285 + 50 = 335 \text{ mm}$$

$$\theta = 45^\circ$$

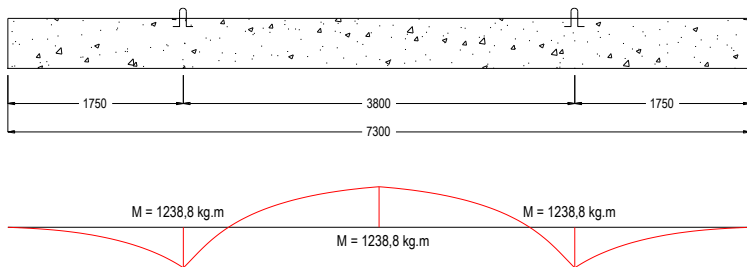
$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{Lxtg\theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{Lxtg\theta} \right)} \right)}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4(335)}{(7300) \operatorname{tg}(45)}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{285}{7300} \left(1 + \frac{4(335)}{(7300) \operatorname{tg}(45)} \right)} \right)}$$

$$X = 0,238$$

$$X \times L = 0,238 \times 7300 = 1743 \text{ mm}$$

$$L - (2X \times L) = 7300 - (2(1743)) = 3812 \text{ mm}$$



Gambar 6.48 Momen Akibat Pengangkatan pada Balok Induk

Momen dikalikan dengan beban kejut :

$$\begin{aligned} M_{\text{lajp}} &= \frac{qu l^2}{8} \left[1 - 4x + \frac{4yc}{l \tan \theta} \right] \times 1,2 \\ &= \frac{684 \cdot 7,3^2}{8} \left[1 - 4(0,238) + \frac{4(0,335)}{(7,3 \tan(45))} \right] \times 1,2 \\ &= 1238,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{tump}} &= \frac{qu(xl)^2}{2} \times 1,2 \\ &= \frac{(684)(0,238 \cdot 7,3)^2}{2} \times 1,2 \\ &= 1238,80 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$d = 570 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 494,5 \text{ mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{1238,8}{0,9} = 1376,45 \text{ kg.m} = 13,76 \text{ kN.m}$$

Direncanakan $x \leq 0,75 X_b$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + f_y} x d$$

$$0,75 X_b = 0,75 x \frac{600}{600 + 400} x 494,5 = 222,5$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 x \beta_1 x f_c' x b x x}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 x 0,80 x 35 x 500 x 100}{400} = 2975 \text{ mm}^2$$

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

$$M_{nc} = 2975 x 400 x \left(494,5 - \frac{0,85 x 100}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 537880000 \text{ N.mm} = 537,88 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 13,76 - 537,88 = -524,12 \text{ kN.m}$$

$M_n - M_{nc} < 0$, maka perlu tulangan tunggal

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{13,76 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 494,5^2} = 0,125$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x 0,125 x 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} x b x d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,0035 x 500 x 494,5 = 865,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tarik 4D25,

$$A_{s_{pakai}} = 4 x (0,25 x \pi x 25^2) = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{pakai}} > A_{s_{perlu}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963,5) \cdot (400) \cdot \left(494,5 - \frac{52,8}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 330,88 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 330,88 \text{ kN.m} > (Mu = 12,38 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)}$$

$$a = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{494,5} = 0,106\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

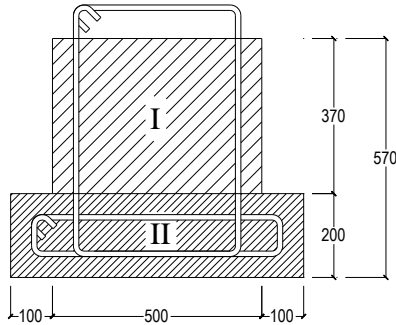
Cek Tegangan

Elemen balok induk pracetak direncanakan akan diangkat ketika umur beton 3 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$fci = 0,40 f'c = 0,40 \cdot 35 \text{ MPa} = 14 \text{ MPa}$$

$$fr = 0,7 \sqrt{fci} = 0,7 \sqrt{14} = 2,62 \text{ MPa}$$

Menghitung momen tahanan penampang balok T :



Gambar 6.49 Perhitungan Inersia Balok Penampang T Terbalik

Tabel 6.11 Perhitungan Titik Berat Balok Penampang T Terbalik

Luas	A	y	yi	A x Yi
	mm ²	mm	mm	mm ³
1	185000	185	185	34225000
2	140000	100	470	65800000
Σ	325000	-	-	100025000

Titik berat penampang dari serat atas (Y_a) :

$$Y_a = \frac{\sum(AxY_i)}{\sum A} = \frac{100025000}{325000} = 307,8 \text{ mm}$$

Titik berat masing - masing luasan terhadap titik berat penampang (c) :

$$c_I = Y_a - Y_i = 307,8 - 185 = 122,8 \text{ mm}$$

$$c_{II} = Y_a - Y_i = 307,8 - 470 = 162,2 \text{ mm}$$

Momen inersia pada masing - masing luasan (I) :

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + c^2 \cdot A$$

Tabel 6.12 Perhitungan Momen Inersia Balok Penampang T Terbalik

Luas	A	y	yi	A x Yi	c	I
	mm ²	mm	mm	mm ³	mm	mm ⁴
1	185000	185	185	34225000	122.8	4898914211
2	140000	100	470	65800000	162.2	4151301815
Σ	325000	-	-	100025000	-	9050216026

$$Wt = \frac{\Sigma I}{Ya} = \frac{9050216026}{307,8} = 29405850,62 \text{ mm}^3$$

- Tegangan Tumpuan

$$\sigma_{tump} = \frac{Mtump}{Wt} = \frac{1238,80 \times 10^4}{29405850,62}$$

$$\sigma_{tump} = 0,421 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

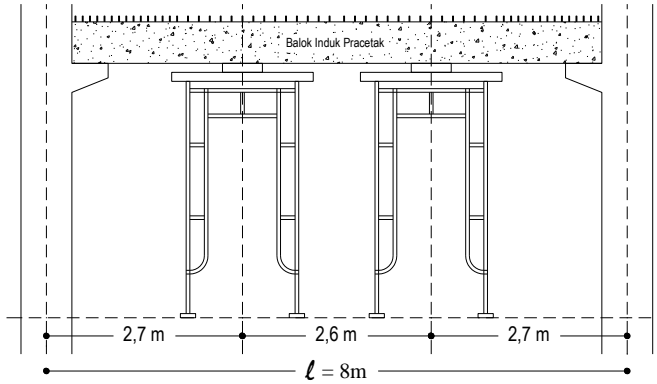
- Tegangan Lapangan

$$\sigma_{lap} = \frac{Mlap}{Wt} = \frac{1238,80 \times 10^4}{29405850,62}$$

$$\sigma_{lap} = 0,421 \text{ MPa} < fr = 2,62 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

2. Kondisi Pemasangan

Pada saat pemasangan balok induk, dibantu dengan menggunakan perancah di titik-titik balok anak menumpu. Beban yang bekerja pada saat proses pemasangan yaitu beban terpusat dari balok anak, berat sendiri pelat pracetak, berat sendiri balok induk pracetak dan beban pekerja.



Gambar 6.50 Sketsa Pemasangan Balok Induk

$$q_{DL} \text{ pelat pracetak} = 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

Trapesium :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{1}{6} \times 192 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 207,93 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{1}{6} \times 192 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 207,93 \text{ kg/m}$$

$$q_{LL} \text{ pelat pracetak} = 96 \text{ kg/m}^2 \text{ (pekerja)}$$

Trapesium :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 103,9 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 103,9 \text{ kg/m}$$

Beban pada balok anak :

Beban mati :

- Berat balok anak precast	= 0,3 x 0,37 x 2400	= 266,4
- Qekw trapesium pelat 1		= 207,93
- <u>Qekw trapesium pelat 2</u>		= 207,93 +
	Qd	= 682,25

Beban Hidup :

- Qekw trapesium pelat 1		= 103,9
--------------------------	--	---------

$$- \text{ Qekw trapezium pelat 2} \quad = 103,9 +$$

$$\text{ QI} \quad = \mathbf{207,93}$$

$$\begin{aligned} \text{Qu} &= 1,2 \text{ DI} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 (682,25) + 1,6 (207,93) = 1151,38 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban yang diterima balok anak merupakan beban terpusat untuk balok induk (Pu).

$$\begin{aligned} \text{Pu} &= 1151,38 \times (5,5/2) \\ &= \mathbf{3166,32 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Beban pada balok induk :

$$q_{DL} \text{ pelat pracetak} = 0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$$

Segitiga :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 192 \cdot 2,3 \right) = 147,2 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 192 \cdot 2,3 \right) = 147,2 \text{ kg/m}$$

$$q_{LL} \text{ pelat pracetak} = 96 \text{ kg/m}^2 \text{ (pekerja)}$$

Segitiga :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 2,3 \right) = 73,6 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 2,3 \right) = 73,6 \text{ kg/m}$$

Beban mati :

$$\begin{aligned} - \text{ Berat balok induk precast} &= 0,5 \times 0,57 \times 2400 &= 684 \\ - \text{ Qekw segitiga pelat 1} &&= 147,2 \\ - \text{ Qekw segitiga pelat 2} &&= 147,2 \\ - \text{ Qekw segitiga pelat 1} &&= 147,2 + \end{aligned}$$

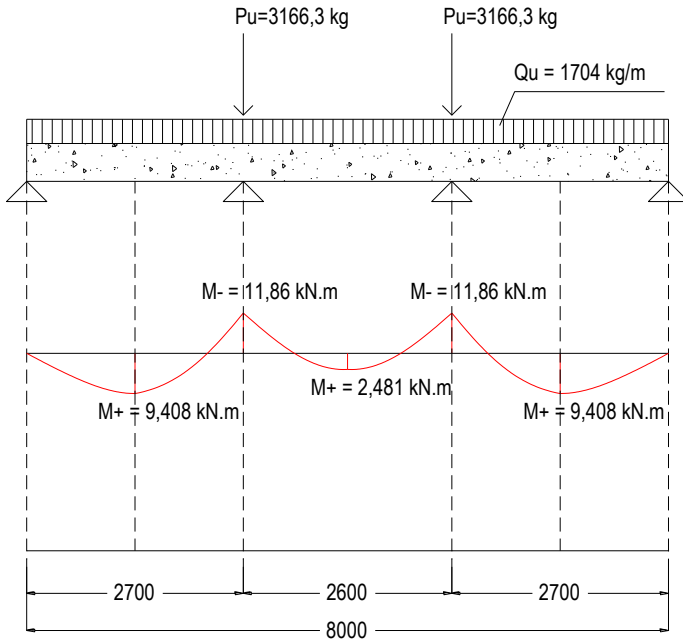
$$\text{ Qd} \quad = \mathbf{1125,6}$$

Beban Hidup :

$$\begin{aligned} - \text{ Qekw segitiga pelat 1} &&= 73,6 \\ - \text{ Qekw segitiga pelat 2} &&= 73,6 \\ - \text{ Qekw segitiga pelat 1} &&= 73,6 + \end{aligned}$$

$$\text{ QI} \quad = \mathbf{220,8}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DI} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (1125,6) + 1,6 (220,8) = \mathbf{1704 \text{ kg/m}}
 \end{aligned}$$



Gambar 6.51 Momen Saat Pemasangan Balok Induk Pracetak

Saat pemasangan digunakan bantuan *scaffolding* pada titik berat balok anak sehingga didapatkan

$$M_{lap} = 11,86 \text{ kN.m}$$

Didapatkan perhitungan menggunakan tulangan tunggal

$$d = 570 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 494,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{11,86 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 494,5^2} = 0,108$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2x \, 0,108 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

Sehingga, $\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$
 $0,0035 \geq 0,0003 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{perlu} = 0,0035$

$$As_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$As_{perlu} = 0,0035 \times 500 \times 494,5 = 865,4 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tarik 4D25,

$$As_{pakai} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$As_{pakai} > As_{perlu} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pasang} \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963,5) \cdot (400) \cdot \left(494,5 - \frac{52,8}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 330,88 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 330,88 \text{ kN.m} > (Mu = 11,86 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{As \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)}$$

$$a = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{494,5} = 0,106 \right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek Tegangan

Elemen balok induk pracetak direncanakan akan dipasang ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$M_{lap} = 11,86 \text{ kN.m}$$

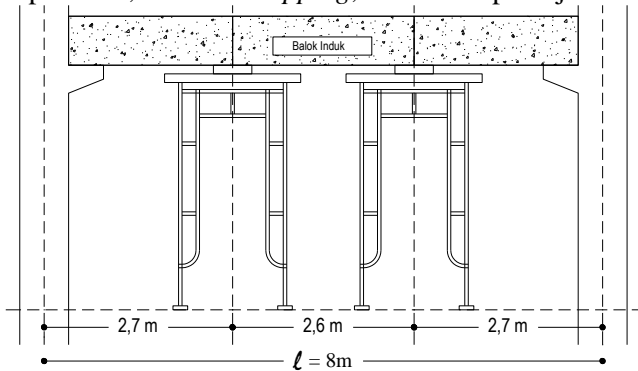
$$W_t = \frac{\sum I}{Y_a} = \frac{9050216026}{307,8} = 29405850,62 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\begin{aligned} \sigma_{lap} &= \frac{M_{lap}}{W_t} = \frac{11,86 \cdot 10^6}{29405850,62} \\ &= 0,403 \text{ MPa} < f_r = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Kondisi Pengecoran

Pada saat pengecoran balok induk, tetap dibantu dengan menggunakan perancah di titik-titik balok anak menumpu. Beban yang bekerja pada saat proses pengecoran yaitu beban terpusat dari balok anak, berat sendiri pelat pracetak, berat sendiri balok induk pracetak, berat *overtopping*, dan beban pekerja.



Gambar 6.52 Sketsa Pengecoran Balok Induk

$$q_{DL} \text{ pelat pracetak} = 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

Trapezium :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{1}{6} \times 312 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 337,9 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{1}{6} \times 312 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 337,9 \text{ kg/m}$$

$$q_{LL} \text{ pelat pracetak} = 96 \text{ kg/m}^2 \text{ (pekerja)}$$

Trapezium :

$$q_{ekw} \text{ pelat 1} = \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 104 \text{ kg/m}$$

$$q_{ekw} \text{ pelat 2} = \frac{1}{6} \times 96 \times 2,3 \times \left\{ 3 - \left(\frac{2,3}{5,5} \right)^2 \right\} = 104 \text{ kg/m}$$

Beban pada balok anak :

Beban mati :

- Berat balok anak precast	= 0,3 x 0,5 x 2400	= 360
- Qekw trapezium pelat 1		= 337,9
- <u>Qekw trapezium pelat 2</u>		<u>= 337,9 +</u>
	Qd	= 1036

Beban Hidup :

- Qekw trapezium pelat 1		= 104
- <u>Qekw trapezium pelat 2</u>		<u>= 104 +</u>
	Ql	= 207,9

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 D_l + 1,6 L_l \\ &= 1,2 (1036) + 1,6 (207,9) = 1575,6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban yang diterima balok anak merupakan beban terpusat untuk balok induk (Pu).

$$\begin{aligned} P_u &= 1575,6 \times (5,5/2) \\ &= \mathbf{4332,9 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Beban pada balok induk :

$$q_{DL} \text{ pelat pracetak} = 0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$$

Segitiga :

$$q_{\text{ekw}} \text{ pelat 1} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 312 \cdot 2,3 \right) = 239,2 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekw}} \text{ pelat 2} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 312 \cdot 2,3 \right) = 239,2 \text{ kg/m}$$

qLL pelat pracetak = 96 kg/m² (pekerja)

Segitiga :

$$q_{\text{ekw}} \text{ pelat 1} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 2,3 \right) = 73,6 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ekw}} \text{ pelat 2} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{2} \cdot 96 \cdot 2,3 \right) = 73,6 \text{ kg/m}$$

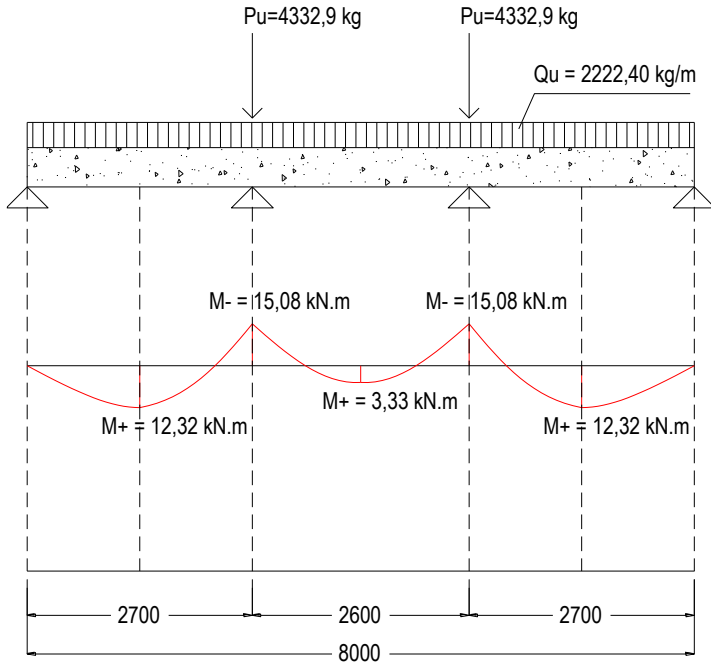
Beban mati :

- Berat balok induk precast = 0,5 x 0,7 x 2400	= 840
- Qekw segitiga pelat 1	= 239,2
- Qekw segitiga pelat 2	= 239,2
- <u>Qekw segitiga pelat 1</u>	<u>= 239,2</u>
	Qd = 1558

Beban Hidup :

- Qekw segitiga pelat 1	= 73,6
- Qekw segitiga pelat 2	= 73,6
- <u>Qekw segitiga pelat 1</u>	<u>= 73,6</u>
	Ql = 220,8

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 \text{ Dl} + 1,6 \text{ Ll} \\ &= 1,2 (1558) + 1,6 (220,8) = \mathbf{2222,40 \text{ kg/m}} \end{aligned}$$



Gambar 6.53 Momen Saat Pengecoran Balok Induk Pracetak

Saat pemasangan digunakan bantuan *scaffolding* pada titik berat balok anak sehingga didapatkan

$M_{lap} = 15,08 \text{ kN.m}$

Didapatkan perhitungan menggunakan tulangan tunggal

$$d = 700 - 50 - 13 - \frac{25}{2} = 624,5 \text{ mm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{15,08 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 500 \cdot 624,5^2} = 0,086$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,086 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0002$$

Sehingga, $\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$
 $0,0035 \geq 0,0002 \leq 0,027$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0035 \times 500 \times 624,5 = 1093 \text{ mm}^2$$

Dicoba tulangan tarik 4D25,

$$A_{s_{\text{pakai}}} = 4 \times (0,25 \times \pi \times 25^2) = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}} \text{ (OKE)}$$

Digunakan tulangan lentur 4-D25

Kontrol Kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot (1963,5) \cdot (400) \cdot \left(624,5 - \frac{52,8}{2}\right)$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m}$$

$$\phi Mn = 422,8 \text{ kN.m} > (Mu = 15,08 \text{ kN.m}) \text{ OKE}$$

Cek apakah penampang *tension-controlled*

$$a = \frac{A_s \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)}$$

$$a = \frac{1963,5 \times 400}{(0,85 \times 35 \times 500)} = 52,8 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$$

$$\left(\frac{52,8}{624,5} = 0,085\right) < (0,375 \beta_1 = 0,375 \cdot 0,80 = 0,3)$$

Karena memenuhi syarat $\frac{a}{d} < 0,375 \beta_1$ dan maka desain tulangan *under-reinforced*.

Cek Tegangan

Elemen balok induk pracetak direncanakan akan dicor ketika umur beton 7 hari sehingga asumsi usia beton menurut PBI 1971 adalah :

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,33 \text{ MPa}$$

$$M_{lap} = 15,08 \text{ kN.m}$$

$$W_t = \frac{\sum I}{Y_a} = \frac{9050216026}{307,8} = 29405850,62 \text{ mm}^3$$

Maka kontrol tegangan :

$$\begin{aligned} \sigma_{lap} &= \frac{M_{lap}}{W_t} = \frac{15,08 \cdot 10^6}{29405850,62} \\ &= 0,513 \text{ MPa} < f_r = 3,33 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

6.8.7 Perhitungan Tulangan Angkat

Beban mati:

- Berat balok pracetak = $0,50 \times 0,57 \times 7,3 \times 2400 = 4993,2 \text{ kg}$
 $Q_d = 4993,2 \text{ kg}$

Beban hidup:

- $P_{pekerja} = 133 \text{ kg}$ (SNI 1727-2013)

$$\begin{aligned} \text{Beban ultimate} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2(4993,2) + 1,6(133) \\ &= 6204,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima 1 titik angkat :

$$P = \frac{6204,64}{2} = 3102,3 \text{ kg}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 10.6.4 untuk tegangan ijin dasar pada baja (f_s) diambil sebesar $\frac{2}{3} f_y$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 400 = 267 \text{ MPa} = 2667 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \frac{P}{f_s} = \frac{3102,3}{2667} = 1,16 \text{ cm}^2$$

Dicoba tulangan angkat D13 mm

$$A_s \text{ pakai} = 132,7 \text{ mm}^2 = 1,32 \text{ cm}^2 > 1,16 \text{ cm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi dipakai tulangan angkat D13 mm

Menurut SNI 2847-2013 Lampiran D.5.2.2 kedalaman angkur dalam keadaan Tarik ($k_c=10$, angkur cor didalam) maka,

$$h_{ef} = \sqrt[3]{\left(\frac{Nn}{k_c\sqrt{f_c'}}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{3102,3}{10\sqrt{35}}\right)^2} = 14,00 \approx 50 \text{ mm}$$

Dari perhitungan tersebut maka tulangan angkat (ankur) dipasang sedalam 50 mm dari permukaan balok pracetak.

6.8.8 Rekapitulasi Perencanaan Balok Induk

Dari hasil perhitungan penulangan setiap kondisi pada saat sebelum komposit dibandingkan dengan hasil perhitungan sesudah komposit, maka tulangan yang dipasang pada balok induk pracetak adalah :

Tabel 6.13 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Sebelum Komposit

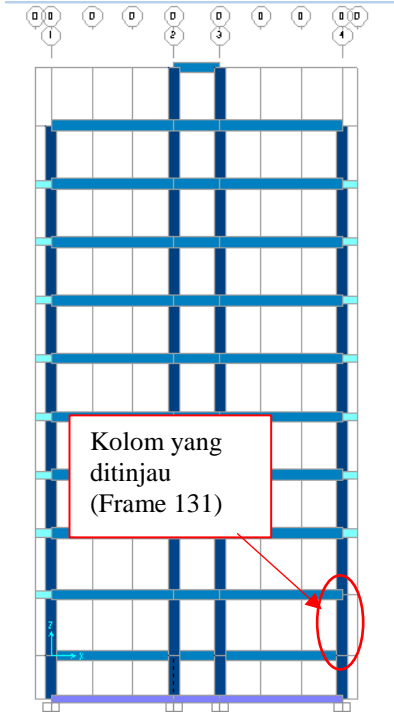
Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Tulangan Torsi
	b	h	Ln				
	(mm)	(mm)	(m)				
B1	300	370	7,3	Tumpuan	4 D25	D13 – 100	2 D13
				Lapangan	4 D25	D13 - 150	

Berikut hasil tulangan terpasang pada balok induk setelah komposit :

Tabel 6.14 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk Setelah Komposit

Tipe Balok	Dimensi			Tulangan Lentur				Tulangan Geser		Tulangan Torsi
	b	h	Ln	Lokasi	Tump. Kiri	Lap.	Tump. Kanan	Lokasi	Sengkang	
	(mm)	(mm)	(m)							
B1	500	700	7,3	Atas	8 D25	2 D25	8 D25	Plastis	D13-100	2 D13
				Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	Luar Plastis	D13-150	

6.9 Perencanaan Struktur Kolom

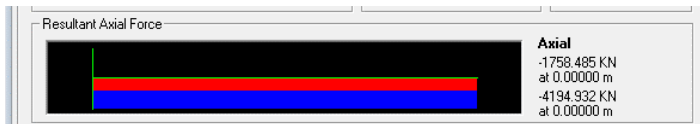


Gambar 6.54 Potongan Kolom yang Ditinjau

6.9.1 Data Perencanaan

Tinggi kolom	= 4,0 m = 4000 mm
Dimensi kolom	= 700 mm x 700 mm
Mutu beton	= 35 Mpa
Mutu baja fy	= 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	= D25 mm
Diameter Tulangan Geser	= D13 mm

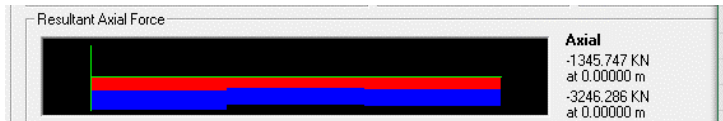
Dari program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya maksimum yang terjadi pada kolom adalah sebagai berikut:



Gambar 6.55 Diagram Aksial Kolom Atas



Gambar 6.56 Diagram Aksial Kolom Desain



Gambar 6.57 Diagram Aksial Kolom Bawah

6.9.2 Cek Syarat Komponen SRPMK

Sebelum perhitungan penulangan kolom, harus dilakukan kontrol syarat-syarat komponen beton bertulang yang memenuhi persyaratan SRPMK sebagai berikut:

- a. Gaya tekan aksial terfaktor pada kolom, $P_u > A_g \cdot f'_c / 10$

$$P_u = 4729,25 \text{ kN} > \frac{(700 \times 700) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ MPa}}{10} = 1715 \text{ kN (OKE)}$$

- b. Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.

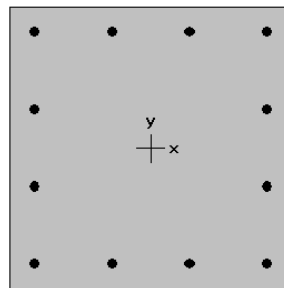
$$\text{Sisi terpendek kolom} = 700 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm (OKE)}$$

- c. Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,4

$$\frac{700}{700} = 1,0 > 0,4 \text{ (OKE)}$$

6.9.3 Tulangan Longitudinal Penahan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program bantu SPColoumn dan diperoleh hasil sebagai berikut:



700 x 700 mm
1.25% reinf.

REINFORCEMENT:

=====

12 #25 bars @ 1.249%

$A_s = 6120 \text{ mm}^2$

Confinement: Tied

Clear Cover = 49.5 mm

Min Spacing = 166.467 mm

Gambar 6.58 Konfigurasi Penulangan Kolom

Didapatkan konfigurasi penulangan 12-D25 untuk menahan gaya gaya yang ada pada kolom dengan $\rho = 1,25\%$ atau $0,0125$ sehingga nilai $0,01 < 0,0125 < 0,06$ telah terpenuhi

6.9.4 Cek Syarat “Strong Coloumn Weak Beam”

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.2.2, kekuatan kolom harus memenuhi nilai $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$, dimana perhitungannya sebagai berikut:

- Menentukan nilai $\sum M_{nb}$:
Lebar efektif balok (b_w) = 500 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi balok (hw)} &= 700 \text{ mm} \\
 \text{Tebal pelat (hf)} &= 130 \text{ mm} \\
 be = bw + 8 hf &= 500 \text{ mm} + 8 \cdot 130 \text{ mm} = 1540 \text{ mm} \\
 be = bw + 2 hw &= 500 \text{ mm} + 2 \cdot 700 \text{ mm} = 1900 \text{ mm} \\
 \text{Dipilih nilai terkecil, maka: } be &= 1540 \text{ mm.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As tul. lentur atas balok} &= 8D25 = 3927 \text{ mm}^2 \\
 \text{As tul. lentur bawah balok} &= 4D25 = 1963 \text{ mm}^2 \\
 \text{Luas tul. atas (As tarik)} &= \text{As tarik balok} + \text{As pelat} \\
 &= 3927 + (2 \times 4 \times 0,25 \times \pi \times 10^2) = 4064 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= 86,6 \text{ mm} \\
 d \text{ tekan} &= h - y = 700 - 86,6 = 613 \text{ mm} \\
 d \text{ Tarik} &= h - t - \text{sengkang} - d \text{ lentur} - d \text{ lentur}/2 \\
 &= 700 - 40 - 13 - 25 - 25/2 = 609,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{3927 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500} = 105,60 \text{ mm}$$

$$Mnb^- = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mnb^- = 3927 \cdot 400 \cdot \left(609,5 - \frac{105,60}{2}\right) = 874 \text{ kN}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1963 \cdot 400}{0,85 \cdot 35 \cdot 500} = 52,8 \text{ mm}$$

$$Mnb^+ = As \cdot fy \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mnb^+ = 1963 \cdot 400 \cdot \left(613 - \frac{52,8}{2}\right) = 461 \text{ kN}$$

$$\sum Mnb = Mnb^- + Mnb^+ = 874 + 461 = 1335 \text{ kN}$$

$$1,2 \sum Mnb = 1,2 (1335 \text{ kN}) = 1602 \text{ kN}$$

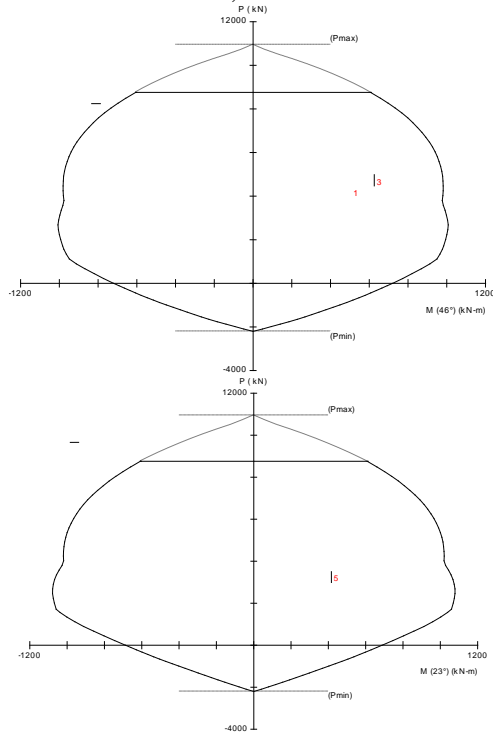
- b. Menentukan nilai $\sum M_{nc}$:
 Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom bawah (yang

ditinjau) dengan program bantu SpColumn. Untuk gaya-gaya kolom yang terjadi adalah sebagai berikut:

Pu Kolom Atas = 4194,93 kN

Pu Kolom Desain = 4729,25 kN

Pu Kolom Bawah = 3246,2 kN



Gambar 6. 59 Diagram Interaksi Pada Program PCA Columnn

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual)						
No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	4194.9	357.0	355.8	694.4	691.9	1.945
2	4194.9	0.0	0.0	1124.2	0.0	999.999
3	4729.3	433.2	450.5	678.7	705.9	1.567
4	4729.3	0.0	0.0	1102.5	0.0	999.999
5	3246.3	383.3	160.9	980.6	411.6	2.558
6	3246.3	0.0	0.0	1312.7	0.0	999.999

Gambar 6.60 Output PCA Column Kolom Lantai Atas, Design, Bawah

Dari gambar diatas, didapatkan nilai Mnc kolom design dan Mnc kolom atas yakni:

Mnc kolom design = 1102,5 kN.m

Mnc kolom atas = 1124,2 kN.m

$$\sum Mnc = Mnc \text{ design} + Mnc \text{ atas}$$

$$\sum Mnc = 1102,5 + 1124,2 = 2227 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$,
2227 kN.m \geq 1602 kN.m (OKE)

Kemudian ditinjau juga kekuatan antara kolom desain dengan kolom dibawahnya yakni :

Mnc kolom design = 1102,5 kN.m

Mnc kolom bawah = 1312,7 kN.m

$$\sum Mnc = Mnc \text{ design} + Mnc \text{ atas}$$

$$\sum Mnc = 1102,5 + 1312,7 = 2415 \text{ kN.m}$$

Maka dilakukan cek syarat $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$,
2415 kN.m \geq 1602 kN.m (OKE)

Maka syarat “strong coloumn weak beam” telah terpenuhi.

6.9.5 Tulangan Transversal sebagai *Confinement*

- a. Tentukan daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan hoop diperlukan sepanjang L_o dari ujung

ujung kolom dengan L_o merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.1:

- Tinggi komponen struktur pada muka joint , $h=700$ mm
- $1/6 L_n = 1/6 (3300) = 550$ mm
- 450 mm

Maka digunakan yang paling besar, $L_o = 700$ mm

- b.** Tentukan spasi maksimum *hoop*, s_{max} pada daerah sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} merupakan nilai terbesar berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.3:

$$- \frac{1}{4} 700\text{mm} = 175 \text{ mm}$$

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

$$- S_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot hx}{3} =$$

$$hx = 2/3 \times (700 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm}) = 396 \text{ mm}$$

$$S_0 = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 396}{3} = 151$$

Namun, nilai s_0 tidak perlu diambil kurang dari 100 mm, sehingga $s_0 = 100$ mm

Maka diambil nilai yang terkecil yakni $s_{max} = 100$ mm

- c.** Penentuan luas tulangan confinement

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.4, untuk daerah sepanjang L_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang hoop tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar diantara:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right).$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot s \cdot bc \cdot f_c'}{f_{yt}}.$$

bc = lebar penampang inti beton (yang terkekang)

$$= bw - 2 \times (t + 0,5 \cdot db)$$

$$= 700 - 2 \times (40\text{mm} + 0,5 \cdot 13\text{mm}) = 607 \text{ mm}$$

A_{ch} = luas penampang inti beton

$$= (bw - 2 \cdot t) \times (bw - 2 \cdot t)$$

$$= (700 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm}) \times (700 \text{ mm} - 2 \cdot 40\text{mm})$$

$$= 384400 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{100 \cdot 607 \cdot 35}{400} \right) \left(\frac{700 \cdot 700}{384400} - 1 \right)$$

$$A_{sh1} = 437,72 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = \frac{0,09 \cdot 100 \cdot 607 \cdot 35}{400}$$

$$A_{sh2} = 478,01 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh} = 478,01 \text{ mm}^2$

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

L_o :

$$A_{sh} = 4 \times 0,25 \times \pi \times 13^2$$

$$A_{sh \text{ pakai}} = 531 \text{ mm}^2 > 478,01 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.4.5, untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi L_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yakni:

- 6 db = 150 mm
- 150 mm

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

Sehingga digunakan spasi 4D13 - 150 untuk daerah diluar L_o .

6.9.6 Perhitungan Gaya Geser Desain (V_e)

Gaya geser desain yang digunakan untuk menentukan jarak dan luas tulangan transversal ditentukan dari nilai (i) dan (ii) dimana V_e tidak perlu lebih besar dari nilai (i), dan harus melebihi nilai (ii):

$$(i) \quad V_{sway} = \frac{M_{prb \text{ atas}} \cdot D_f \text{ atas} + M_{prb \text{ bawah}} \cdot D_f \text{ bawah}}{l_n}$$

(ii) V_u hasil analisa struktur

a. Menghitung V_{sway}

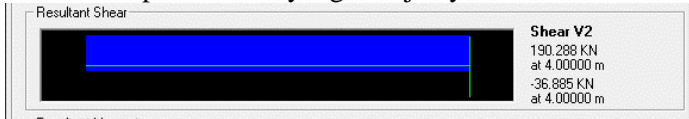
Untuk nilai V_{sway} didapatkan dari nilai M_{pr} tulangan balok terpasang yang telah diketahui dari perhitungan balok sebelumnya yakni:

Dimana: $DF \text{ atas} = 0,50$ dan $DF \text{ bawah} = 0,50$ Karena kolom lantai atas dan kolom lantai bawah (desain) mempunyai kekakuan yang sama, maka:

$$V_{sway} = \frac{973,71 \text{ kN.m} \cdot 0,50 + 973,71 \text{ kN.m} \cdot 0,50}{3,3}$$

$$V_{sway} = 295,06 \text{ kN}$$

- b. Hitung V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur (menggunakan program bantu SAP 2000 v.14).
 Dari program SAP 2000 v.14, didapatkan gaya geser maksimum pada kolom yang ditinjau yakni sebesar:



Gambar 6.61 Diagram Geser Kolom Design

$$V_u = 190,288 \text{ kN}$$

- c. Kontrol
- Nilai V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} , sehingga digunakan nilai $V_e = 295,06 \text{ kN}$
 - Nilai V_u harus lebih besar dari V_u akibat gaya geser terfaktor hasil analisis struktur dimana
 $295,06 \text{ kN} > 190,288 \text{ kN}$ (OKE)

- d. Cek kontribusi beton dalam menahan gaya geser, V_c
 Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.6.5.2, kontribusi beton akan diabaikan dalam menahan gaya geser rencana apabila:

- Apabila nilai $V_e > \frac{1}{2} V_u$
 $295,06 \text{ kN} > 95,144 \text{ kN}$
- Apabila $P_u > A_g \cdot f_c' / 20$

$$\frac{(700 \times 700) \text{ mm}^2 \cdot 35 \text{ MPa}}{20} = 857,5 \text{ kN}$$

$$P_u = 4729,25 \text{ kN} > 857,5 \text{ kN}$$

Karena kedua nilai tersebut terpenuhi, maka kontribusi V_c dapat diperhitungkan, sehingga:

$$d = 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 635 \text{ mm}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{35} \cdot 700 \cdot 635 = 438 \text{ kN}$$

e. Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser rencana.

- Cek apakah dibutuhkan tulangan geser :

$$\frac{V_u}{\phi} > 0,5 V_c$$

$$\frac{295,06}{0,75} = 393 \text{ kN} > 219 \text{ kN}$$

Maka perlu tulangan geser

- Cek apakah cukup dipasang tulangan geser minimum:

$$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} b_w d$$

$$\frac{V_u}{\phi} > V_c + \frac{1}{3} b_w d$$

$$393 \text{ kN} < 438 + \frac{1}{3} 700 635 = 585 \text{ kN}$$

Maka hanya diperlukan tulangan geser minimum

$$A_{v_{min}} = \frac{1}{3} \frac{b_w s}{f_y}$$

Karena sebelumnya telah dipasang tulangan *confinement*

4 kaki D13 – 100, maka:

$$A_{v_{min}} = \frac{1}{3} \frac{700 100}{400} = 58,3 \text{ mm}^2$$

Sementara itu Ash untuk 4 kaki D13 – 100:

$$A_{sh} = 530,93 \text{ mm}^2 > A_{v_{min}} = 58,3 \text{ mm}^2 \text{ (OKE)}$$

Karena $A_{sh} > A_{v_{min}}$ dan $V_s < V_s$ desain, maka persyaratan kekuatan geser terpenuhi.

Sehingga tulangan transversal penahan geser tidak perlu diperhitungkan dan digunakan hasil perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* yakni **4D13 - 100**.

6.9.7 Perhitungan Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B. Dimana:

- Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3.l_d$.
- Untuk baja tulangan dengan D-25mm,

$$l_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f_c'}} \right) d_b$$

Dimana : $d_b = 25 \text{ mm}$

$$\Psi_t = 1,0$$

$$\Psi_e = 1,0$$

$$\Psi_s = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$l_d = \left(\frac{400 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1,7 \lambda \sqrt{35}} \right) 25 = 992,29 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 \cdot 1000 = 1300 \text{ mm}$$

Jadi digunakan sambungan lewatan sepanjang 1300 mm

6.10 Perencanaan HBK

- a. Cek syarat panjang joint

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.2.3)

$$b = h = 700 \text{ mm}$$

$$20 \cdot d_b = 20 \cdot 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} < 700 \text{ mm} \text{ (OKE)}$$

- b. Menentukan luas efektif joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1

Lebar balok, $b = 500 \text{ mm}$

Tinggi kolom, $h = 700 \text{ mm}$

$$x = (700\text{mm} - 500\text{mm}) / 2 = 100 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 700 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai yang terkecil dari:

$$- b + h = 500 \text{ mm} + 700 \text{ mm} = 1200 \text{ mm}$$

$$- b + 2x = 500 + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$$

Maka $A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint}$

$$A_j = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 490.000 \text{ mm}^2$$

c. Hitung tulangan transversal untuk *confinement*

Untuk joint interior, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.3.2, spasi vertikal tulangan *confinement* diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm.

$$\frac{A_{sh}}{s} \text{ joint} = 0,5 \frac{A_{sh}}{s} \text{ kolom} = 0,5 \frac{530,93}{100}$$

$$\frac{A_{sh}}{s} = 2,65 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{sh} = 2,65 \cdot s = 2,65 \cdot 150 = 398,2 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 4 kaki D13 = 530,93 mm²

d. Hitung Gaya geser pada joint

- Hitung M_e

Balok yang memasuki joint, memiliki:

$$M_{pr+} = 1096,61 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr-} = 580,70 \text{ kN.m}$$

Karena elevasi antara kolom atas dengan bawah sama maka kekakuannya juga sama, atas bawah DF atas = DF bawah = 0,5

Sehingga:

$$M_e = 0,5 \times (1096,61 \text{ kN.m} + 580,70 \text{ kN.m}) = 838,65 \text{ kNm}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{l_u} = \frac{838,65 + 838,65}{3,3} = 508,27 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

$$\text{Jika terdapat } 8D25 = A_s = 3926 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 3926 \cdot 400 = 1963 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_1 = T_1 = 1963 \text{ kN}$$

Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

Jika terdapat 8D25 = $A_s = 3926 \text{ mm}^2$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 3926 \cdot 400 = 1963 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$C_2 = T_2 = 1963 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{sway} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 508,27 - 1963,4 - 1963,4 = 3418,71 \text{ kN}$$

- e. Cek Kuat geser joint

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.7.4.1, untuk kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah:

$$V_n = 1,7 \sqrt{f_c'} \cdot A_j = 1,7 \sqrt{35} \cdot 490000$$

$$V_n = 4928,09 \text{ kN} > 3418,71 \text{ kN (OKE)}$$

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

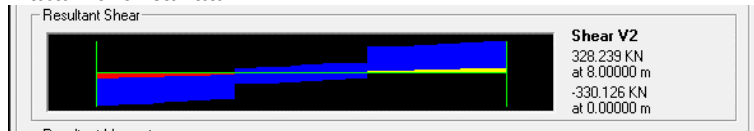
7.1 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan bagian atas yang akan dijangkarkan ke dalam kolom

7.1.1 Perhitungan Konsol Pada Kolom

a. Data Perencanaan



Gambar 7.1 Output Gaya Geser Balok Induk untuk Perhitungan Konsol Kolom

V_u output analisis dengan software SAP2000 = 330126 N

Dimensi Balok = 50/70

Dimensi konsol :

b_w = 500 mm

h = 400 mm

d = 400 – 40 – 25 = 335 mm

f'_c = 30 MPa

f_y = 400 MPa

a = 200 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847-2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol

pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a/d = 200 / 335 = 0,59 < 1$ (OK)
- $N_{uc} \leq V_u$
 $N_{uc} = 0,2 \times 330126 = 66025,2 \text{ N}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{330126}{0,75} = 440168 \text{ N}$$

b. Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$0,2 f_c' b w d = 0,2 \times 35 \times 500 \times 335 = 1172500 \text{ N} \geq V_n$$

$$(3,3 + 0,08) \times f_c' b w \times d = (3,3 + 0,08) \times 35 \times 500 \times 335 = 19815250 \text{ N} \geq V_n$$

$$11 \times b w \times d = 11 \times 500 \times 335 = 1842500 \text{ N} \geq V_n$$

$$\mu = 1,4$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{440168}{400 \times 1,4} = 786,01 \text{ mm}^2$$

c. Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + N_{uc}(h - d) \\ &= 330126 \times 200 + 66025,2 (400 - 335) \\ &= 70316838 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{70316838}{0,9 \cdot 500 \cdot 335^2} = 1,39$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,39 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0035$$

$$A_f1 = \frac{M_u}{0,85 \times \phi \times f_y \times d} = \frac{70316838}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 335}$$

$$A_f1 = 823,14 \text{ mm}^2$$

$$A_f2 = \rho b w d = 0,0035 \times 500 \times 335 = 586,25 \text{ mm}^2$$

$$A_f = 823,14 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{66025,2}{0,75 \times 400} = 220,084 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_{sc} = A_f + A_n = 823,14 + 220,08$$

$$= 1043,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{sc} = \left(\frac{2 A_v f}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 (786,01)}{3} + 220,084 \right)$$

$$A_{sc} = 744,090 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{sc_{min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b w d = 0,04 \times \left(\frac{35}{400} \right) 500 \cdot 335$$

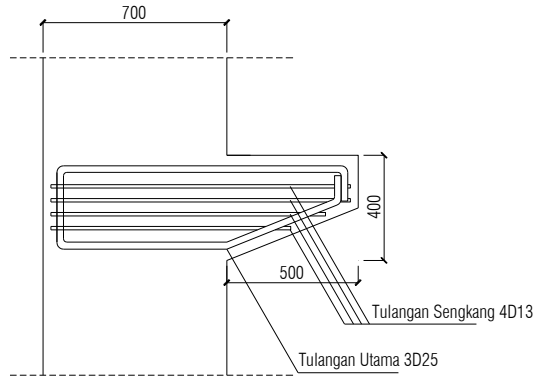
$$A_{sc_{min}} = 586,25 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.4

$$A_h = 0,5(A_s - A_n) = 0,5(586,25 - 220,084)$$

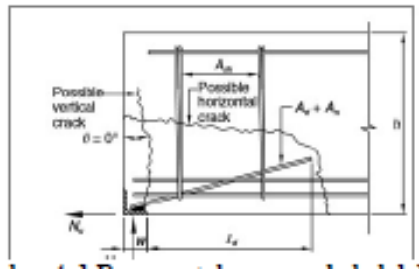
$$= 183,08 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 3D25 ($A_s = 1472,62 \text{ mm}^2$). Dan dipasang sengkang 4D13, dipasang di sepanjang $(2/3)d = (2/3)335 = 233,33 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$



Gambar 7.2 Konsol Kolom

7.1.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing pada Balok Induk



Gambar 7.3 Reinforced Concrete Bearing pada Balok Induk

$$A_{vf} = 786 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 220 \text{ mm}^2$$

$$A_t = A_{vf} + A_n = 786 \text{ mm}^2 + 220 \text{ mm}^2 = 1006 \text{ mm}^2$$

Direncanakan 4 D19 ($A_s = 1134 \text{ mm}^2$) $> A_t = 1006 \text{ mm}^2$ OKE

Jarak pusat tulangan e permukaan beton terdekat

$$\begin{aligned} Cb &= \text{deck} + D\text{senggang} + (0,5 D\text{lentur}) \\ &= 50 + 13 + (0,5 \cdot 25) = 76 \text{ mm} \end{aligned}$$

Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan

$$\begin{aligned} Cb &= S_{\text{max}} + (0,5 D\text{lentur}) + (0,5 D\text{lentur}) \\ &= 25 + (0,5 \cdot 25) + (0,5 \cdot 25) = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang tulangan At dihitung berdasarkan panjang penyaluran sesuai SNI 2847-2013 pasal 12.2.1 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} ld &= \left(\frac{fy}{1,1 \lambda \sqrt{fc'}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{\frac{cb + ktr}{Db}} \right) db \\ ld &= \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1 \sqrt{35}} \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 0,8}{\frac{50 + 0}{19}} \right) 19 = 692,3 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan dipasang *bearing plate* berupa plat siku dengan ukuran 150 x 150.

- Cek kekuatan dari *bearing plate* tersebut:

$$\begin{aligned} fb &= \frac{Vu}{b_{\text{plate}} \times h_{\text{plate}}} = \frac{330126}{150 \times 150} = 14,67 \text{ N/mm}^2 \\ \frac{1,5 fc}{1 + \frac{2 b_{\text{plate}}}{b_{\text{balok}}}} &= \frac{1,5 \cdot 35}{1 + \frac{2 \times 150}{500}} = 32,81 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek } fb = 14,67 \text{ N/mm}^2 < 32,81 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Menentukan ketebalan minimum *bearing plate*:

$$H = \mu \times V = 1,4 \times 330126 = 462176,4 \text{ N}$$

$$\mu' = \frac{7 \times b_{\text{balok}} \times h}{H} = \frac{7 \times 500 \times 700}{462176,4} = 5,3$$

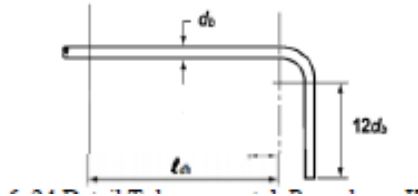
$$t_{\text{min}} = \frac{V}{pw \times \mu' \times b_{\text{plate}}} = \frac{330126}{400 \times 5,5 \times 150} = 1,0 \text{ mm}$$

Maka dipasang *bearing plate* 150 x 150 mm dengan ketebalan 10 mm. Pada ujung balok dipasang tulangan 4D19 dengan panjang

750 mm yang diangkerkan ke dalam balok tersebut untuk mencegah terjadinya retak

7.1.3 Panjang Penyaluran Tulangan Balok Induk

- a. Panjang Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik



Gambar 7.4 Panjang Penyaluran dan Kait Standar Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai ldh harus memenuhi:

Panjang kait $12 db = 12 \cdot 25 = 300\text{mm}$

- b. Panjang Penyaluran Tulangan Tekan

$$ldc1 = \left(\frac{0,24 fy}{\lambda \sqrt{fc'}} \right) db = \left(\frac{0,24 \cdot 400}{1 \sqrt{35}} \right) 25 = 405,67$$

$$ldc2 = 0,043 fy db = 0,043 \cdot 400 \cdot 25 = 430 \text{ mm}$$

Diambil nilai $ldc = 430 \text{ mm}$

Reduksi :

$$\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} x ldc = \frac{1526}{1963} x 430\text{mm} = 334,2 \approx 350 \text{ mm}$$

- c. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai ldh harus memenuhi:

$$ldh = \left(\frac{fy \cdot db}{5,4 \sqrt{fc'}} \right) = \frac{400 \cdot 25}{5,4 \sqrt{35}} = 313,02 \text{ mm}$$

Reduksi :

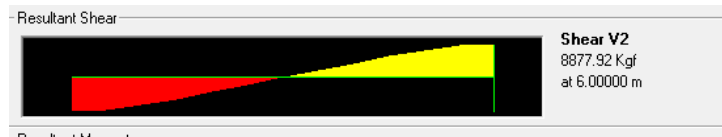
$$\frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} x ldc = \frac{3422}{3927} x 313 \text{ mm} = 272,8 \approx 300 \text{ mm}$$

7.2 Perencanaan Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

7.2.1 Perhitungan Konsol Pada Balok Induk

Diasumsikan balok induk berbentuk inverted T beam , di mana untuk sayap di kanan kirinya akan diasumsikan sebagai konsol. Sehingga dalam perhitungannya akan di samakan dengan perhitungan konsol pada kolom yang mengacu pada pada SNI-2847-2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek.

a. Data Perencanaan



Gambar 7.5 Output Gaya Geser Balok Anak untuk Perhitungan Konsol Balok Induk

V_u (Output Sap 2000)	= 88779,2 N
Dimensi Balok	= 500 mm x 700 mm
Decking	= 40 mm
Tulangan lentur	= 22 mm
b_w	= 100 mm
h	= 200 mm
d	= 200 – 40 – 25 = 135 mm
f_c'	= 35 Mpa
f_y	= 400 Mpa
a_v	= 50 mm

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847-2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a/d = 50 / 135 = 0,37 < 1$ (OK)

- $N_{uc} \leq V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 88779,2 \text{ N} = 17755,84 \text{ N}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{88779,2}{0,75} = 118372,27 \text{ N}$$

b. Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$0,2 f'c' b w d = 0,2 \times 35 \times 100 \times 135 = 94500 \text{ N} \geq V_n$$

$$(3,3 + 0,08) \times f'c' b w \times d = (3,3 + 0,08) \times 35100 \times 135 = 1937250 \text{ N} \geq V_n$$

$$11 \times b w \times d = 11 \times 100 \times 135 = 148500 \text{ N} \geq V_n$$

$$\mu = 1,4$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{118372,27}{400 \times 1,4} = 211,37 \text{ mm}^2$$

c. Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} M_u &= V_u \times a + N_{uc}(h - d) \\ &= 88779,2 \times 50 + 17755,84 (200 - 135) \\ &= 5593104,6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{5593104,6}{0,9 \cdot 100 \cdot 135^2} = 3,41$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3,41 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,009$$

$$Af1 = \frac{Mu}{0,85 \times \emptyset \times f_y \times d} = \frac{5593104,6}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 135}$$

$$Af1 = 162,47 \text{ mm}^2$$

$$Af2 = \rho \times b \times w \times d = 0,009 \times 100 \times 135 = 121,5 \text{ mm}^2$$

$$Af = 162,47 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As :

$$An = \frac{Nuc}{\emptyset \times f_y} = \frac{17755,84}{0,75 \times 400} = 59,18 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} Asc &= Af + An = 162,47 + 59,18 \\ &= 221,65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Asc = \left(\frac{2 \times Avf}{3} + An \right) = \left(\frac{2 \times (211,37)}{3} + 59,18 \right)$$

$$Asc = 200,09 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$Asc_{min} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times w \times d = 0,04 \times \left(\frac{35}{400} \right) 100 \times 135$$

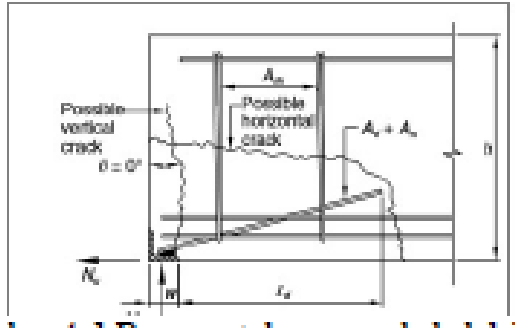
$$Asc_{min} = 47,25 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.4

$$\begin{aligned} Ah &= 0,5(As - An) = 0,5(200,09 - 59,18) \\ &= 70,45 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 2D25 ($As = 981,74 \text{ mm}^2$) $>$ $Asc = 221,65 \text{ mm}^2$

7.2.2 Perencanaan Reinforced Concrete Bearing pada Balok Anak



Gambar 7.6 Reinforced Concrete Bearing pada Balok Anak

$$A_{vf} = 211,37 \text{ mm}^2$$

$$A_n = 59,18 \text{ mm}^2$$

$$A_t = A_{vf} + A_n = 211,37 \text{ mm}^2 + 59,18 \text{ mm}^2 = 270,55 \text{ mm}^2$$

Direncanakan 4 D19 ($A_s = 1134 \text{ mm}^2$) > $A_t = 270,55 \text{ mm}^2$ OKE

Jarak pusat tulangan e permukaan beton terdekat

$$\begin{aligned} C_b &= \text{deck} + D_{\text{senggang}} + (0,5 D_{\text{lentur}}) \\ &= 50 + 13 + (0,5 \cdot 22) = 74 \text{ mm} \end{aligned}$$

Setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan

$$\begin{aligned} C_b &= S_{\text{max}} + (0,5 D_{\text{lentur}}) + (0,5 D_{\text{lentur}}) \\ &= 25 + (0,5 \cdot 22) + (0,5 \cdot 22) = 47 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang tulangan A_t dihitung berdasarkan panjang penyaluran sesuai SNI 2847-2013 pasal 12.2.1 sebagai berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f_c'}} \frac{\psi_t \cdot \psi_e \cdot \psi_s}{\frac{cb + ktr}{Db}} \right) db$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{35}} \frac{1,3 \cdot 1,5 \cdot 0,8}{\frac{47 + 0}{19}} \right) 19 = 736,5 \text{ mm} \approx 750 \text{ mm}$$

Direncanakan dipasang *bearing plate* berupa plat siku dengan ukuran 150 x 150.

- Cek kekuatan dari *bearing plate* tersebut:

$$fb = \frac{Vu}{b_{plate} \times h_{plate}} = \frac{88779,2}{150 \times 150} = 3,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{1,5 fc}{1 + \frac{2 b_{plate}}{b_{balok}}} = \frac{1,5 \cdot 35}{1 + \frac{2 \times 150}{300}} = 26,25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Cek } fb = 3,95 \text{ N/mm}^2 < 26,25 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

- Menentukan ketebalan minimum *bearing plate*:

$$H = \mu \times V = 1,4 \times 88779,2 = 124290,88 \text{ N}$$

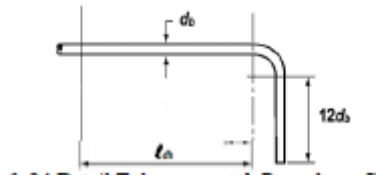
$$\mu' = \frac{7 \times b_{balok} \times h}{H} = \frac{7 \times 300 \times 500}{124290,88} = 8,44$$

$$t_{min} = \frac{V}{pw \times \mu' \times b_{plate}} = \frac{88779,2}{400 \times 8,4 \times 150} = 0,176 \text{ mm}$$

Maka dipasang *bearing plate* 150 x 150 mm dengan ketebalan 10 mm. Pada ujung balok dipasang tulangan 4D19 dengan panjang 750 mm yang diangkerkan ke dalam balok tersebut untuk mencegah terjadinya retak

7.2.3 Panjang Penyaluran Tulangan Balok Anak

- Panjang Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik



Gambar 7.7 Panjang Penyaluran dan Kait Standar Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai ldh harus memenuhi:

Panjang kait 12 db = 12 . 22 = 264 mm = 265 mm

- b. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, nilai l_{dh} harus memenuhi:

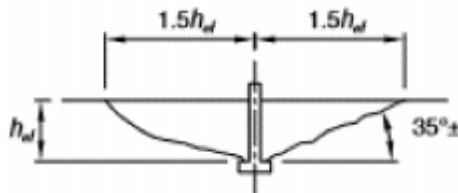
$$l_{dh} = \left(\frac{f_y \cdot db}{5,4 \sqrt{f_c'}} \right) = \frac{400 \cdot 22}{5,4 \sqrt{35}} = 275,45 \approx 300 \text{ mm}$$

7.2.4 Perencanaan Angkur Baut

Pada balok induk dipasang angkur baut untuk menghindari hal yang tidak diinginkan saat pemasangan balok anak. Angkur didesain untuk menahan gaya geser yang terjadi pada balok anak.

Dari pembahasan struktur balok sebelumnya didapatkan gaya geser yang terjadi pada balok anak sebesar $V_u = 88779,2 \text{ N}$. Berikut data perencanaan :

db	= 33	mm
A	= 855	mm ²
F _{ub}	= 620	MPa
F _{yb}	= 372	MPa
f ['] c	= 35	MPa
h _{ef}	= 420	mm



Gambar 7.8 Kedalaman Angkur Baut

$$C_{a1} = 1,5 \times 420 = 630 \text{ mm}$$

$$C_{a2} = 200 \text{ mm}$$

- a. Kuat angkur dalam kondisi geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.1.2, untuk pasca pasang dimana selongsong (sleeves) menerus melauai bidang:

$$V_{sa} = 0,6 \times A_{se} \times f_{uta}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} f_{uta} &= 1,9 \times f_{ya} \\ &= 1,9 \times 372 = 706,8 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{sa} &= 0,6 \times A_{se} \times f_{uta} \\ &= 0,6 \times 855 \times 706,8 \\ &= 362715,03 \text{ N} \geq 88779,2 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

- b. Kuat jebol (*breakout*) beton angkur dalam kondisi geser
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.1.2, kekuatan jebol (*breakout*) beton nominal dalam kondisi geser pada angkur tunggal:

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ed,v} \times \Psi_{c,v} \times \Psi_{ec,v} \times V_b$$

Dimana :

$$A_{vco} = 4,5 \cdot (C_{a1})^2 = 4,5 \times (630)^2 = 1786050 \text{ mm}^2$$

$$A_{vc} = n \times A_{vco} = 1 \times 1786050 = 1786050 \text{ mm}^2$$

$$\Psi_{ec,v} = 1$$

$$\Psi_{c,v} = 1,4$$

$$\Psi_{ed,v} = 0,7 + 0,3 \frac{C_{a2}}{1,5 \times C_{a1}} = 0,7 + 0,3 \frac{200}{1,5 \times 630} = 0,76$$

$$l_o = h_{ef} = 420 \text{ mm}$$

$$\lambda_a = \lambda = 1$$

$$V_b = 3,7 \times \lambda_a \times \sqrt{f'c} \times (C_{a1})^{1,5}$$

$$= 3,7 \times 1 \times \sqrt{35} \times (630)^{1,5}$$

$$= 346135,84 \text{ N}$$

$$V_{cb} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} \times \Psi_{ed,v} \times \Psi_{c,v} \times \Psi_{ec,v} \times V_b$$

$$= \frac{1786050}{1786050} \times 0,76 \times 1,4 \times 1 \times 346135,84$$

$$= 369980,75 \text{ N} \geq 88779,2 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

- c. Kekuatan rompal (*pryout*) beton angkur kondisi geser
Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal D.6.3.1, kekuatan rompal (*pryout*) nominal, dalam kondisi geser pada angkur tunggal:

$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cp}$$

Dimana :

$$k_{cp} = 2 \text{ (Untuk } h_{ef} \geq 65 \text{ mm)}$$

$$\Psi_{ed,N} = 1 \text{ (Untuk } C_{al} \geq 1,5 h_{ef})$$

$$\Psi_{c,N} = 1,25 \text{ (Untuk angkur cor didalam)}$$

$$\Psi_{cp,N} = 1$$

$$kc = 10 \text{ (Untuk angkur cor didalam)}$$

$$A_{nco} = 9 \times h_{ef}^2 = 9 \times 420^2 = 1587600 \text{ mm}^2$$

$$A_{nc} = n \times A_{nco} = 1 \times 2433600 = 1587600 \text{ mm}^2$$

$$N_b = kc \times \lambda_a \times \sqrt{f'_c} \times h_{ef}^2$$

$$= 10 \times 1 \times \sqrt{35} \times 420^2$$

$$= 10435964,7 \text{ N}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \times \Psi_{ed,N} \times \Psi_{c,N} \times \Psi_{\square p,N} \times N_b$$

$$= \frac{1587600}{1587600} \times 1 \times 1,25 \times 1 \times 10435964,7$$

$$= 13044955,9 \text{ N}$$

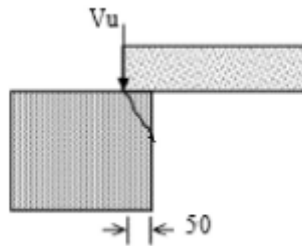
$$V_{cp} = k_{cp} \times N_{cp}$$

$$= 2 \times 13044955,9$$

$$= 26089911,8 \text{ N} \geq 88779,2 \text{ N} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Jadi digunakan baut tunggal M33 merk HILTI dengan kedalaman angkur = 420 mm dari muka balok anak pracetak.

7.3 Perencanaan Sambungan Pelat dengan Balok



Gambar 7.9 Bidang Kritis Tumpuan Pelat pada Balok

Kontrol tumpuan pelat pada balok menurut SNI 7833:2012 Ps. 4.6.2.2 (a) setiap komponen struktur dan sistem pendukungnya harus mempunyai dimensi desain penumpu 50 mm untuk plat dan 75 mm untuk balok.

Data perencanaan

$$f_{ci} \text{ (7 hari)} = 22,75 \text{ Mpa}$$

$$A = 50 \times 1000 = 50000 \text{ mm}^2$$

$$V_u = 8878,92 \text{ Kg} = 88789,2 \text{ N}$$

Menurut SNI 7833 : 2012 ps. 4.6.2.1.1 kekuatan tumpu beton tidak boleh melebihi.

$$\begin{aligned} V_n &= \phi \times 0,85 \times F_c \times A \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 22,75 \times 50000 \\ &= 628468,75 \text{ N} > V_u \text{ OKE} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan beton pada tumpuan,

$$f_{ci} = 0,65 f_{c'} = 0,65 \cdot 35 \text{ MPa} = 22,75 \text{ MPa}$$

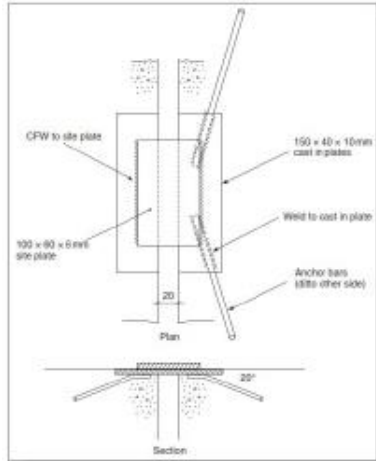
$$f_r = 0,7 \sqrt{f_{ci}} = 0,7 \sqrt{22,75} = 3,39 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \frac{V_u}{A} = \frac{88789,2}{50000} = 1,77 \text{ MPa} < f_r 3,39 \text{ MPa}$$

7.4 Perencanaan Sambungan Pelat dengan Pelat

Pelat precast perlu direncanakan sambungan untuk memikul geser yang terjadi antar komponen. Sambungan direncanakan menggunakan *plate and bar diaphragm shear connection*.

a. Sambungan pada sisi atas pelat



Gambar 7.10 Sambungan Antar Pelat

Perhitungan sambungan pelat-pelat dalam Tugas Akhir Terapan ini menggunakan contoh perhitungan pelat B (300×380 cm).

Momen yang terjadi pada pelat sesudah komposit:

$$\begin{aligned} M_{Tx} &= 0,001 \times Qu \times Lx^2 \times X \text{ dimana nilai } X = 83 \\ &= 0,001 \times 1272 \times 3^2 \times 83 \\ &= 949,885 \text{ kg.m} = 9498852 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada pelat sesudah komposit:

$$Vu = \frac{1}{2} qu L = \frac{1}{2} 1272 \times 3,8 = 2416,8 \text{ kg} = 24168 \text{ N}$$

Tebal pelat pracetak = 80 mm

b = 1000 mm

$$Z = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} 1000 \times 80^2 = 1066666,67 \text{ mm}^3$$

Tegangan yang terjadi akibat momen:

$$\frac{M}{Z} = \frac{9498852}{1066666,67} = 8,91 \text{ MPa}$$

Tegangan yang terjadi akibat geser:

$$\frac{V}{A} = \frac{24168}{100 \times 38} = 6,36 \text{ MPa}$$

Tegangan total:

$$\sqrt{8,9^2 + 6,36^2} = 10,94 \text{ MPa}$$

Direncanakan sambungan las :

Mutu kawat las : E60XX

F_{EXX} : 430 MPa

Dimensi Pelat Sambung = 100 x 60 x 10 mm

Dimensi pelat yang ditanam = 150 x 40 x 10 mm

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat sambung dengan $t = 10\text{mm}$, tinggi las direncanakan 75% tebal pelat sambung, diambil tinggi las = 8mm. nilai tersebut telah melebihi dari tinggi las minimum yang disyaratkan SNI 1729-2015 tabel J2.4

t_w (tebal las) = 8 mm

l_w = 100 mm

Diameter tul = 13 mm ($A_s = 133 \text{ mm}^2$)

Sudut = 20°

f_y = 390 Mpa

Dalam sambungan ini ada 3 kapasitas geser yang harus diperhatikan :

1. Tahanan Tarik dari pelat yang tertanam

$$V = n \cdot 0,95 \cdot A_s \cdot 0,5 \cdot f_y \cdot \cos\beta \cdot \cos\gamma$$

$$V = n \cdot 0,95 \cdot A_s \cdot 0,5 \cdot 390 \cdot \cos 20 \cdot \cos 20 = 43512 \text{ N}$$

2. Kapasitas las dari tulangan yang tertanam

$$V = n \cdot p_w \cdot l_w \cdot t_w$$

$$V = n \cdot 430 \cdot 100 \cdot 8 = 688000 \text{ N}$$

3. Kapasitas geser dari pelat sambung

$$V = \frac{pw \cdot lw \cdot tw}{1 + \frac{4e}{lw}} = \frac{430 \cdot 100 \cdot 8}{1 + \frac{4 \cdot 60}{100}} = 101176 \text{ N}$$

Maka diambil paling kritis $V_n = 43512 \text{ N} = 43,5 \text{ kN}$

b. Sambungan pada sisi bawah pelat

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari pelat siku dengan $t = 10 \text{ mm}$, tinggi las direncanakan 75% tebal plat sambung, diambil tinggi las = 8 mm. nilai tersebut telah melebihi dari tinggi las minimum yang disyaratkan SNI 1729-2015 tabel J2.4

Direncanakan sambungan las :

Mutu kawat las : E60XX

F_{EXX} : 430 MPa

Pelat siku L : 100 x 100 x 6

Sesuai SNI 1729-2015 pasal j2.4, kuat las desain per mm panjang adalah :

$$\phi R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

Panjang las (L) = 100 mm

Mutu kawat las : E60XX

F_{EXX} : 430 MPa

F_{nw} : 0,6 F_{EXX} = 258 MPa

A_{we} : $t \times L$ = 800 mm²

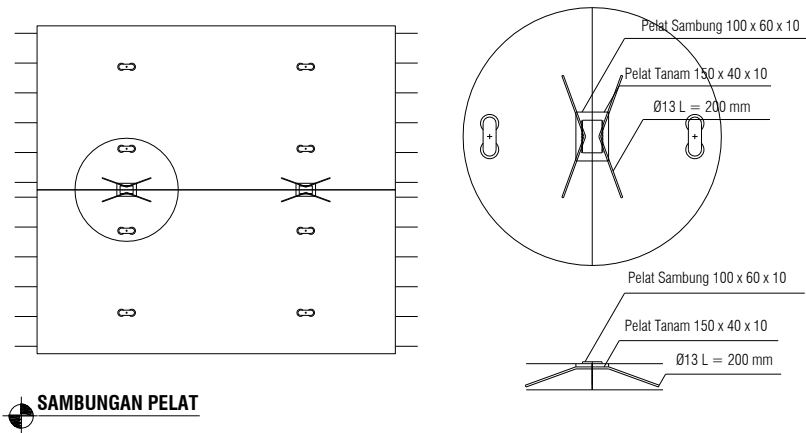
$$\phi R_n = F_{nw} \cdot A_{we} = 0,75 \times 258 \times 0,707 \times 800$$

$$\phi R_n = 109443 \text{ N} = 109,43 \text{ kN}$$

Dari geser nominal (V_n) sisi atas dan bawah pelat, diambil paling kritis yaitu $V_u = 43,5 \text{ kN}$

$$\text{Tegangan} = \frac{43512}{3800} = 11,45 \text{ MPa} > 10,94 \text{ MPa} \text{ (Memenuhi)}$$

Tegangan pada sambungan lebih besar dari tegangan pada pelat sehingga perencanaan pelat baja sebagai sambungan tersebut memenuhi.



Gambar 7.11 Sambungan Pelat-Pelat

7.5 Perencanaan Sambungan Tangga dengan Balok Bordes

Cek kebutuhan panjang penyaluran tulangan pelat tangga

Perhitungan panjang penyaluran pelat berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2.2 sebagai berikut :

$$ldh = \left[\left(\frac{fy}{2,1 \lambda} \right) \cdot \left(\frac{\Psi_t \cdot \Psi_e}{\sqrt{fc'}} \right) \right] \cdot db$$

Dimana parameter yang dibutuhkan diatas ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.4 :

$$\Psi_t = 1$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (Tulangan tanpa pelapis)}$$

$$db = 16 \text{ mm}$$

$$ldh = \left[\left(\frac{400}{2,1 (1)} \right) \cdot \left(\frac{(1) \cdot (1)}{\sqrt{35}} \right) \right] \cdot 16 = 515 \text{ mm}$$

Sehingga lebar balok bordes tidak mencukupi untuk menerima panjang penyaluran pelat tangga.

Perencanaan dengan asumsi tidak rigid pada sambungan pelat tangga dan balok bordes.

Beban yang diterima balok bordes :

Beban mati :

- Bs. Pelat tangga = $\frac{1}{\cos(32)} \times 2400 \times 0,21 \times 3,08 \times 2 = 3691 \text{ kg/m}$
- Bs. Pelat Bordes = $2400 \times 0,13 \times 1,42 \text{ m} = 443 \text{ kg/m}$
- Keramik Tangga = $20,5 \text{ kg/m}^2 \times 3,08 \text{ m} = 63,1 \text{ kg/m}$
- Keramik Bordes = $20,5 \text{ kg/m}^2 \times 1,42 \text{ m} = 29,1 \text{ kg/m}$
- Spesi Tangga = $5 \text{ kg/m}^2 \times 3,08 \text{ m} = 15,4 \text{ kg/m}$
- Spesi Bordes = $5 \text{ kg/m}^2 \times 1,42 \text{ m} = 7,1 \text{ kg/m}$
- Sandaran = $50 \text{ kg/m}^2 \times 3,08 \text{ m} = 154 \text{ kg/m} +$

$$\text{DL} = 4403 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup Tangga (LL) : 479 kg/m^2

Beban hidup pelat tangga = $479 \text{ kg/m}^2 \times 3,08 \text{ m} = 1475 \text{ kg/m}$

Beban hidup pelat tangga = $479 \text{ kg/m}^2 \times 1,42 \text{ m} = 680 \text{ kg/m} +$

$$\text{LL} = 2156 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 (4403 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (2156 \text{ kg/m}^2)$$

$$= 8731,93 \text{ kg/m}^2$$

$$V_u = 0,5 \text{ qu L}$$

$$= 0,5 (8731,93 \text{ kg/m}^2) (3)$$

$$= 13097,90 \text{ kg} = 130979,016 \text{ N}$$

Dimensi Balok = 25/40

Dimensi konsol :

$$b_w = 100 \text{ mm}$$

$$h = 270 \text{ mm}$$

$$d = 270 - 40 - 16/2 = 222 \text{ mm}$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$a = 50 \text{ mm}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847-2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut:

- $a/d = 50 / 214 = 0,23 < 1$ (OK)
- $N_{uc} \leq V_u$
 $N_{uc} = 0,2 \times 13097,90 = 26196 \text{ N}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah:

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{13097,90}{0,75} = 174639 \text{ N}$$

e. Menentukan Luas Tulangan Geser Friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada:

$$0,2 f'c'bw d = 0,2 \times 35 \times 100 \times 222 = 155400 \text{ N} \geq V_n$$

$$(3,3 + 0,08) \times f'cbw \times d = (3,3 + 0,08) \times 35 \times 100 \times 222 = 2626260 \text{ N} \geq V_n$$

$$11 \times bw \times d = 11 \times 100 \times 222 = 155400 \text{ N} \geq V_n$$

$$\mu = 1,4$$

$$Avf = \frac{V_n}{f_y \times \mu} = \frac{174639}{400 \times 1,4} = 311,9 \text{ mm}^2$$

f. Luas Tulangan Lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengizinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi.

Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan Nuc minimum.

$$\begin{aligned} Mu &= Vu \times a + Nuc(h - d) \\ &= 155400 \times 50 + 26196 (270 - 222) \\ &= 9027398,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 35} = 13,45$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{9027398,5}{0,9 \cdot 100 \cdot 222^2} = 2,44$$

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{13,45} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,44 \times 13,45}{400}} \right)$$

$$\rho_{pertu} = 0,0064$$

$$\rho_{pakai} = 0,0064$$

$$Af1 = \frac{Mu}{0,85 \times \phi \times fy \times d} = \frac{9027398,5}{0,85 \times 0,75 \times 400 \times 222}$$

$$Af1 = 159,5 \text{ mm}^2$$

$$Af2 = \rho bw d = 0,0064 \times 100 \times 222 = 141,6 \text{ mm}^2$$

$$Af \text{ pakai} = 159,5 \text{ mm}^2$$

Tulangan Pokok As :

$$An = \frac{Nuc}{\phi \times fy} = \frac{26196}{0,75 \times 400} = 87,3 \text{ mm}^2$$

g. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$\begin{aligned} Asc &= Af + An = 159,5 + 87,3 \\ &= 246,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Asc = \left(\frac{2 Avf}{3} + An \right) = \left(\frac{2 (311,9)}{3} + 87,3 \right)$$

$$Asc = 83,3 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$Asc_{min} = 0,04 \left(\frac{fc'}{fy} \right) bw d = 0,04 \times \left(\frac{35}{400} \right) 100 \cdot 222$$

$$A_{sc_{min}} = 77,7 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.4

$$\begin{aligned} Ah &= 0,5(A_s - A_n) = 0,5(295,2 - 87,3) \\ &= 104,0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 2D16 ($A_s = 402,1 \text{ mm}^2$). Dan dipasang sengkang 2D12-150 mm.

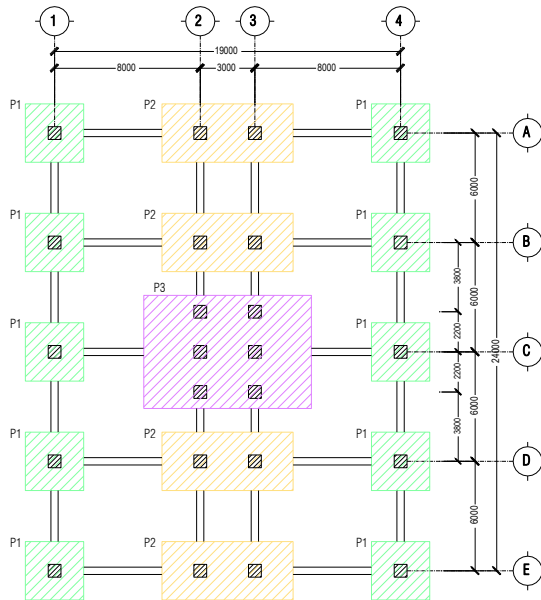
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB VIII PERENCANAAN PONDASI

8.1 Umum

Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis dan memungkinkan pelaksanaannya. Untuk denah pondasi rencana adalah sebagai berikut:



Gambar 8.1 Denah Rencana Pondasi

8.2 Spesifikasi Hammer dan Tiang Pancang

Dalam pelaksanaan pekerjaan pemancangan dibutuhkan bantuan alat pemukul yang dapat berupa pemukul (*hammer*) mesin uap, pemukul getar atau pemukul yang dijatuhkan. Dalam perencanaan tugas akhir ini, digunakan bantuan alat pemukul yang dijatuhkan yaitu *drop hammer* merk *BRUCE Pile Hammer* dengan spesifikasi dibawah ini :

Berat hammer : 5600 kg

Tinggi jatuh : 1200 kg

Penurunan tiang pncang dalam satu pukulan : 20 mm

Untuk tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang WIKA BETON dengan tipe 400 mm – C dengan data sebagai berikut:

Diameter = 400 mm

Ketebalan dinding = 75 mm

Luas tiang (Ap) = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,4m)^2 = 0,126 \text{ m}^2$

Allowable Axial Load = 111,5 ton

Cek kekuatan tiang pancang terhadap mesin hammer :

Sesuai persamaan 17-4 buku *Foundation Analysis dan Design*, Gaya tekan mesin *drop hammer* dapat dihitung seperti dibawah ini:

$$Pu_{Hammer} = \frac{e_h W_r h}{s + 25}$$

Dimana :

e_h = Efisiensi mesin berdasarkan jenisnya (tabel 17-1)
(*Drop Hammer* = 0,75 – 1,00)

W_r = Berat mesin hammer

h = tinggi jatuh

s = kedalaman penurunan dalam satu kali pukulan

Sehingga,

$$Pu_{Hammer} = \frac{e_h W_r h}{s + 25} = \frac{0,75 \cdot 5600kg \cdot 1200mm}{20mm + 25}$$

$$Pu_{Hammer} = 112000 \text{ kg} = 112,0 \text{ ton}$$

Nilai P_u hammer diatas telah mendekati nilai ijin bahan tiang pancang yaitu 111,5 ton. Maka mesin hammer dan tiang pancang dapat digunakan

8.3 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Data nilai N-SPT dengan kedalaman tanah 30 meter adalah sebagai berikut.

N_1 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 4D di bawah tiang.
 $= (28+30)/2 = 29$

N_2 = nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 8D di atas tiang.
 $= (25+20+16)/3 = 20,33$

Harga N rata-rata =

$$\bar{N}_{p/s} = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{29 + 20,33}{2} = 24,67$$

Daya dukung ultimit

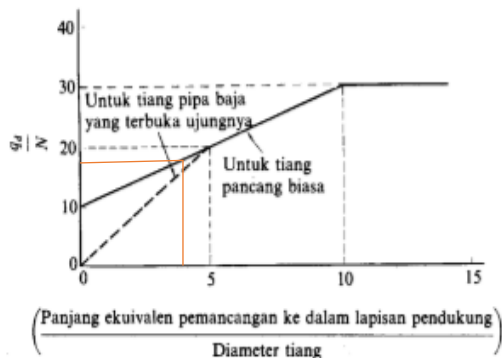
$$R_a = \frac{1}{n} (R_p + R_f)$$

R_a = Daya dukung vertikal yang di ijtikal (ton)

R_p = Daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

n = Faktor keamanan



Gambar 8.2 Perhitungan Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang

$$\frac{(\text{Panjang Ekuivalen})}{\text{Diameter tiang}} = \left(\frac{8D}{2}\right) = \left(\frac{8 \times 40 \text{ cm}}{2}\right) = \frac{160 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 4$$

Maka di dapatkan dari grafik nilai $\frac{qd}{N} = 18$

$$qd = 18\bar{N} \times 24,67 = 444 \text{ ton/m}^2$$

$$R_a = qd \times A = 444 \text{ ton/m}^2 \times \frac{\pi D^2}{4} = 55,79 \text{ ton}$$

Kedalaman	Tebal	Jenis	N SPT	fi	Σli.fi
(m)	(m)	-	-	(ton/m ²)	(ton/m)
0m - 5m	5	Clay	8.50	8.50	42.5
6m - 9m	3	Sand	13.00	13.00	39
10m - 30m	5	Silt	9.11	9.11	45.56
Σli.fi					127.1

$$\begin{aligned} R_f &= U \times \Sigma \text{ li. fi} \\ &= 3,14 \times 0,4 \times 127,1 \\ &= 159,7 \text{ ton} \end{aligned}$$

Maka :

$$R_a = \frac{1}{n} (R_a + R_f)$$

$$R_a = \frac{1}{3} (55,79 + 159,7)$$

$$R_a = 71,82 \text{ ton}$$

Perbandingan hasil hitungan nilai daya dukung tiang pancang (Kuat bahan dan NSPT) diambil nilai daya dukung yang terkecil (berdasarkan N-SPT) yaitu $Q_{\text{all}} = 71,82 \text{ ton}$

8.4 Perhitungan Pondasi Tipe P1

8.4.1 Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 35 \text{ cm}$$

$$S \geq 87,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 100 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 35 \text{ cm}$$

$$S' \geq 52,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = 100 \text{ cm} + 100 \text{ cm} + 60 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

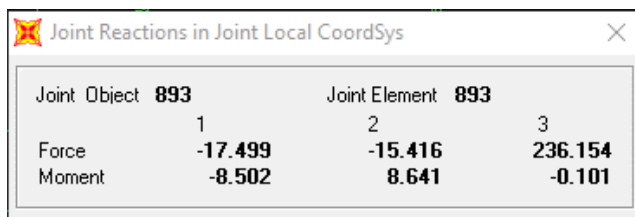
Apabila $b = h$, maka $h = 3,2 \text{ m}$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal $= 100 \text{ cm} = 1,00 \text{ m}$

8.4.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 893 yakni sebagai berikut:

- Akibat beban tetap (IDL + ILL)

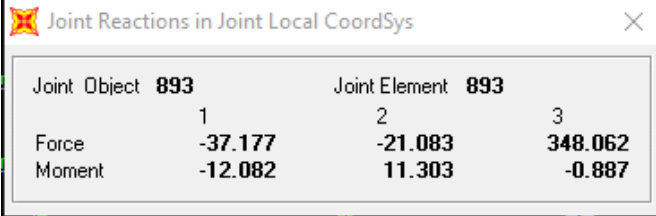


Joint Object	893			Joint Element	893		
	1	2	3				
Force	-17.499	-15.416	236.154				
Moment	-8.502	8.641	-0.101				

Gambar 8.3 Gaya yang Terjadi Akibat Beban IDL + ILL

$P = 236,15 \text{ ton}$
 $M_x = 0,101 \text{ ton.m}$
 $M_y = 8,641 \text{ ton.m}$

- Akibat beban sementara arah x ($1,2DL + 1LL + 1Ex$)

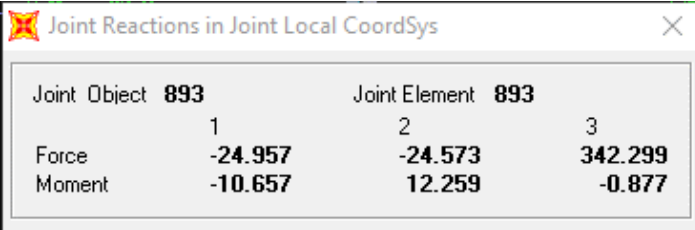


Joint Object	Joint Element 893		
	1	2	3
Force	-37.177	-21.083	348.062
Moment	-12.082	11.303	-0.887

Gambar 8.4 Gaya yang Terjadi Akibat Beban $1,2DL + 1LL + 1Ex$

$P = 348,06 \text{ ton}$
 $M_x = 0,887 \text{ ton.m}$
 $M_y = 11,303 \text{ ton.m}$

- Akibat beban sementara arah y ($1,2DL + 1LL + 1Ey$)



Joint Object	Joint Element 893		
	1	2	3
Force	-24.957	-24.573	342.299
Moment	-10.657	12.259	-0.877

Gambar 8.5 Gaya yang Terjadi Akibat Beban $1,2DL + 1LL + 1Ey$

$P = 342,30 \text{ ton}$
 $M_x = 0,887 \text{ ton.m}$
 $M_y = 12,259 \text{ ton.m}$

Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang:

$$\begin{aligned} \text{Berat poer} &= b \times h \times t \times BJ \\ &= 3,2 \times 3,2 \times 1 \times 2400 \\ &= 24576 \text{ kg} = 24,576 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah tiang:

Akibat beban tetap

$$n = \frac{236,15}{71,82} = 3,29 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

Akibat beban sementara

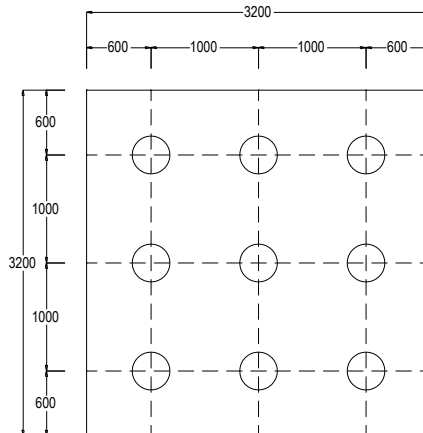
$$n = \frac{348,06}{71,82} = 4,85 \text{ buah} \approx 9 \text{ buah}$$

8.4.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Efisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



Gambar 8.6 Pondasi Tipe PI

Dimana:

- m = banyaknya tiang dalam kolom = 3 buah
 n = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah
 D = diameter tiang pancang = 0,40 m
 S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,40m}{1,0m} \left[\frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \right] = 0,661$$

$$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P \text{ ijin} = 47,435 \text{ ton}$$

Kontrol Gaya yang Bekerja pada Tiang Pancang

$$P_u = 348,06 \text{ ton}$$

$$W_1 \text{ (berat poer)} = 2,4 \times 3,2 \times 3,2 \times 1 = 24,5 \text{ ton}$$

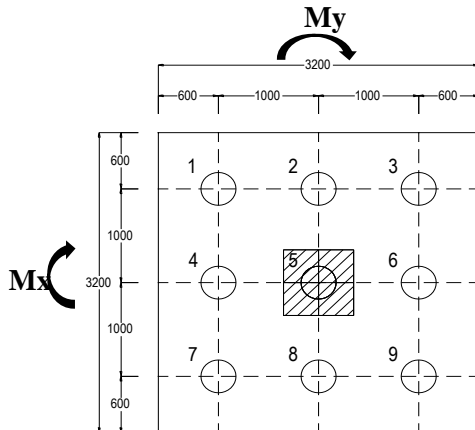
$$W_2 \text{ (berat tiang)} = 2,4 \times 0,25 \times 3,14 \times 0,4^2 \times 30 = 9,0 \text{ ton}$$

$$\Sigma P_v = 348,06 + 24,5 + 9,0 \text{ ton} = 381,69 \text{ ton}$$

$$P_{\text{group}} \geq \Sigma P_v$$

$$(47,435 \times 9 \text{ buah} = 426,912 \text{ ton}) \geq 381,69 \text{ ton (Aman)}$$

8.4.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 8.7 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P1

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

Tabel 8.2 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²
1	-1	1	-1	1
2	0	0	-1	1
3	1	1	-1	1
4	-1	1	0	0
5	0	0	0	0
6	1	1	0	0
7	-1	1	1	1
8	0	0	1	1
9	1	1	1	1
	Σx ²	6	Σy ²	6

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{236,15}{9} - \frac{0,101 \times 1}{6} - \frac{8,641 \times 1}{6} = 24,78 \text{ ton}$$

$$P1 = 24,78 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{236,15}{9} + \frac{0,101 \times 1}{6} - \frac{8,641 \times 1}{6} = 24,82 \text{ ton}$$

$$P2 = 24,82 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{236,15}{9} - \frac{0,101 \times 1}{6} + \frac{8,641 \times 1}{6} = 27,66 \text{ ton}$$

$$P3 = 27,66 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{236,15}{9} + \frac{0,101 \times 1}{6} + \frac{8,641 \times 1}{6} = 27,69 \text{ ton}$$

$$P4 = 27,69 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

- b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{348,06}{9} - \frac{0,887 \times 1}{6} - \frac{11,303 \times 1}{6} = 36,64 \text{ ton}$$

$$P1 = 36,64 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{348,06}{9} + \frac{0,887 \times 1}{6} - \frac{11,303 \times 1}{6} = 36,93 \text{ ton}$$

$$P2 = 36,93 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{348,06}{9} - \frac{0,887 \times 1}{6} + \frac{11,303 \times 1}{6} = 40,41 \text{ ton}$$

$$P3 = 40,41 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{348,06}{9} + \frac{0,887 \times 1}{6} + \frac{11,303 \times 1}{6} = 40,71 \text{ ton}$$

$$P4 = 40,71 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

- c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{342,30}{9} - \frac{0,877 \times 1}{6} - \frac{12,259 \times 1}{6} = 35,84 \text{ ton}$$

$$P1 = 35,84 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{342,30}{9} + \frac{0,877 \times 1}{6} - \frac{12,259 \times 1}{6} = 36,13 \text{ ton}$$

$$P2 = 36,13 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

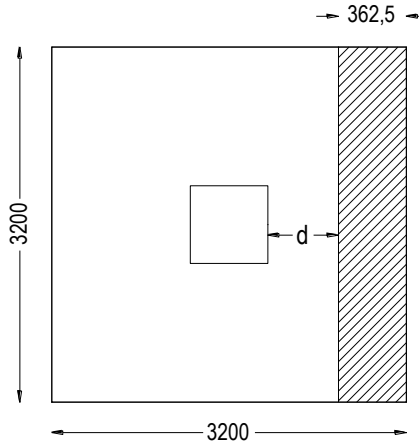
$$P3 = \frac{342,30}{9} - \frac{0,877 \times 1}{6} + \frac{12,259 \times 1}{6} = 39,93 \text{ ton}$$

$$P3 = 39,93 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{342,30}{9} + \frac{0,877 \times 1}{6} + \frac{12,259 \times 1}{6} = 40,22 \text{ ton}$$

$$P4 = 40,22 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.4.5 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 8.8 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 887,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor ($1,2D + 1,6L$):



Gambar 8.9 Beban Terpusat Kolom Akibat Beban $1,2D + 1,6L$

$$P_u = 174,654 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{174,654 \text{ ton}}{3,2\text{m} \cdot 3,2\text{m}} = 17,056 \text{ ton/m}^2 = 0,171 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$\begin{aligned} L' &= (0,5 \cdot b \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\ &= (0,5 \cdot 3200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 700 \text{ mm}) - 887,5 \text{ mm} \\ &= 362,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \times b \times L' \\ &= 0,171 \text{ N/mm}^2 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 362,5 \text{ mm} \\ &= 197849,78 \text{ N} \end{aligned}$$

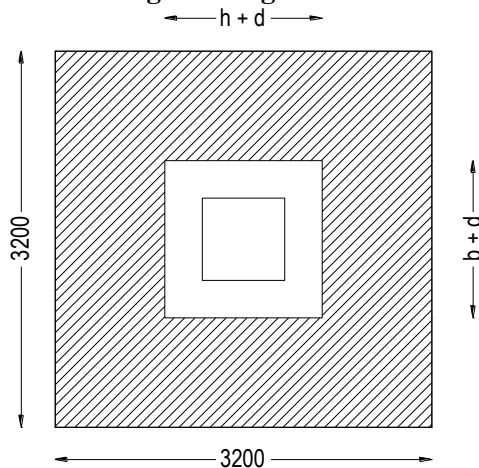
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2856283,19 \text{ N} > V_u = 197849,78 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.4.6 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

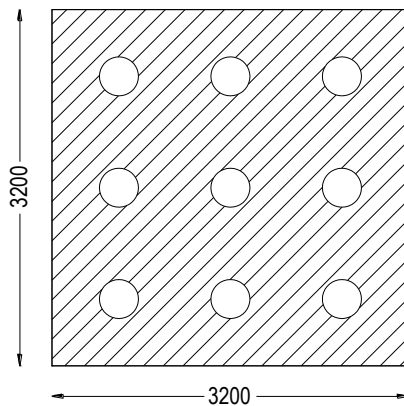


Gambar 8.10 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 3200 \text{ mm}) - [(700 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm}) \times (700 \\ &\quad \text{mm} + 887,5 \text{ mm})] \\ &= 7719843,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,171 \text{ N/mm}^2 \cdot 7719843,75 \text{ mm}^2 \\ &= 1316697,75 \text{ N} = 1316,7 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 8.11 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 348,062 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{348,062 \text{ ton}}{3,2 \text{ m} \cdot 3,2 \text{ m}} = 33,99 \text{ ton/m}^2 = 0,339 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 3200 \text{ mm}) - 9 \times (1/4 \times \pi \times (400 \text{ mm})^2) \\ &= 9374098,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,399 \text{ N/mm}^2 \cdot 9374098,52 \text{ mm}^2 \\ &= 3186296,36 \text{ N} = 3186,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 3186,3 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$\beta = 700 \text{ mm} / 700 \text{ mm} = 1$

b_o = keliling dari penampang kritis

$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 \cdot d$

$= 2 \cdot (700 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) + 4 \cdot 887,5 \text{ mm}$

$= 9900 \text{ mm}$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 26509879,56 \text{ N} = 26509,9 \text{ kN}$$

- $$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka:

- $$V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 887,5 \text{ mm}}{9900 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \cdot 887,5$$

$$V_c = 24099365,45 \text{ N} = 24099,4 \text{ kN}$$

- $$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 17153451,48 \text{ N} = 17153,5 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 17153,5 \text{ kN}$

$$V_u = 3186,3 \text{ kN} < V_c = 17153,5 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.4.7 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 3200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 3200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1000 \text{ mm}$$

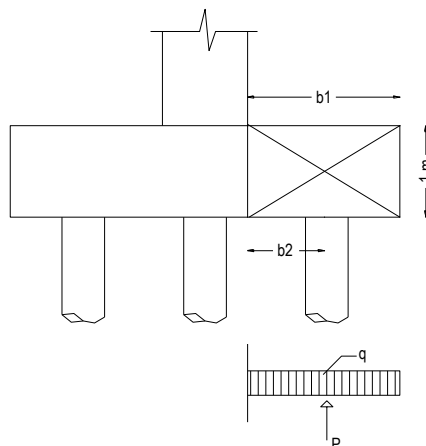
$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$d_x = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 912,5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 887,5 \text{ mm}$$

a. Penulangan poer arah X



Gambar 8.12 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,7 \text{ m})) = 1,25 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 1,25 \text{ m} / 2 = 0,625 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ = 9600 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$Pu = 40,71 \text{ ton} = 40705,22 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 9600 \text{ kg} \cdot (1,25 \text{ m})^2) + (40705,2 \text{ kg} \cdot 0,625) \\ = 17940,8 \text{ kg.m} \\ = 179407638,9 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{179407638,9 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$Mn = 224259548,6 \text{ N.mm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{224259548,6 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (912,5 \text{ mm})^2} = 0,269 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{fy}{0,8 \cdot fcr} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,269}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,00068$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 912,5 \text{ mm}$$

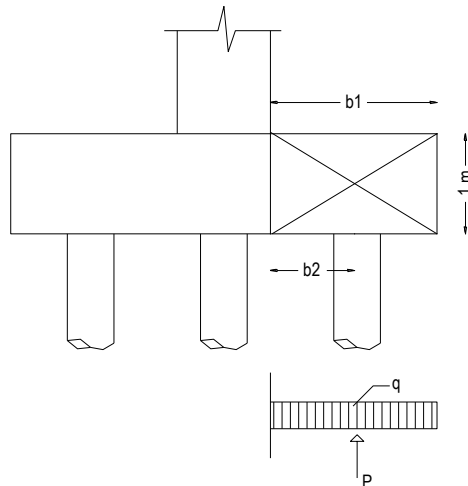
$$As_{\text{perlu}} = 3193,75 \text{ mm}^2$$

Dipakai D 25 – 150, maka:

$$As = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$$As_{\text{perlu}} = 3193,75 \text{ mm}^2 < As_{\text{pakai}} = 3272,49 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penulangan poer arah Y



Gambar 8.13 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,7 \text{ m})) = 1,25 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 1,25 \text{ m} / 2 = 0,625 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ = 9600 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$Pu = 40,705 \text{ ton} = 40705,22 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 9600 \text{ kg} \cdot (1,25 \text{ m})^2) + (40705,22 \text{ kg} \cdot 0,625) \\ = 17940,8 \text{ kg.m} \\ = 179407638,9 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{179407638,9 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 224259548,6 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{224259548,6 \text{ N.mm}}{1000\text{mm} \cdot (887,5 \text{ mm})^2} = 0,285 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_{c'}} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,285}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,00072$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$

As perlu = 3106,25 mm²

Dipakai D25 – 150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 3106,25 \text{ mm}^2 < A_{s\text{pakai}} = 3272,49 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

8.4.8 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 490000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 3200 \text{ mm} = 10240000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 348,062 \text{ ton} = 3480,62 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_{c'} \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 490000 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 9475375 \text{ N} = 9475,38 \text{ kN} > 3480,62 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{10240000\text{mm}^2}{490000\text{mm}^2}} = 4,57$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$

tidak perlu diambil lebih dari 2.

Maka:

$$N_2 = 2 \cdot N_1 = 2 (9475,38 \text{ kN})$$

$$N_2 = 18950,8 \text{ kN} > 3480,62 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

$$\text{As perlu} = 0,005 \cdot 700 \text{ mm} \cdot 700 \text{ mm} = 2450 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai 12 D 25, dengan $\text{As} = 5890,49 \text{ mm}^2 > 2450 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

8.4.9 Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_{cr}}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 25 \text{ mm} = 405,674 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai ℓ_{dc1} terbesar = 430 mm \approx 500 mm

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_{cr}}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 994,299 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

8.5 Perhitungan Pondasi Tipe P2

8.5.1 Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 35 \text{ cm}$$

$$S \geq 87,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S = 100 \text{ cm}$

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 35 \text{ cm}$$

$$S' \geq 52,5 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = (2 \times 100 \text{ cm}) + (2 \times 60 \text{ cm}) = 320 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$h = (7 \times 100 \text{ cm}) + (2 \times 60 \text{ cm}) = 720 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = $100 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

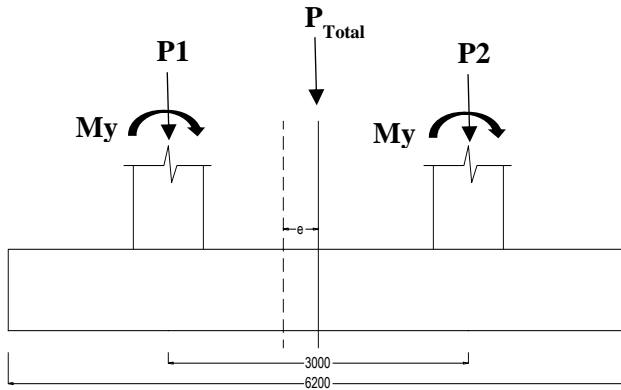
8.5.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 878 & 879 yakni sebagai berikut:

Tabel 8.3 Hasil Output SAP pada Joint 878 & 879

Joint	Gaya	1D + 1L	1,2D + 1L + 1Ex	1,2D + 1L + 1Ey
878	P	317.435	447.903	419.427
	Mx	0.00115	0.475	0.352
	My	3.445	28.65	10.013
879	P	317.41	447.886	419.44
	Mx	0.000481	0.476	0.354
	My	3.402	28.599	9.963

Mencari eksentrisitas dan gaya pondasi gabungan :



Gambar 8.14 Eksentrisitas Pondasi Gabungan

Jarak antar kolom (L) = 3 m

$$x = \frac{P_{min} \cdot L}{P_{min} + P_{max}}$$

$$e = \frac{L}{2} - x$$

$$\sum P = P_1 + P_2$$

$$\sum M_x = M_{x_1} + M_{x_2}$$

$$\sum M_y = (M_{y_1} + M_{y_2}) + (\sum P \cdot e)$$

Tabel 8.4 Gaya yang terjadi pada Pondasi Gabungan

Gaya	1D + 1L	1,2D + 1L + 1Ex	1,2D + 1L + 1Ey
x	1.50	1.50	1.50
e	0.00006	0.00003	0.00002
$\sum P$	634.845	895.789	838.867
$\sum M_x$	0.00163	0.951	0.706
$\sum M_y$	6.8845	57.2745	19.9955

Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang:

Akibat beban tetap

$$n = \frac{634,845}{71,82} = 8,84 \text{ buah} \approx 21 \text{ buah}$$

Akibat beban sementara

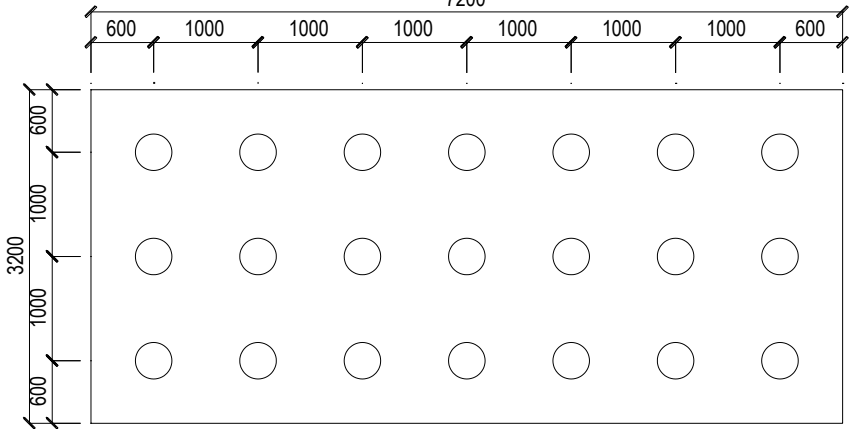
$$n = \frac{895,789}{71,82} = 12,47 \text{ buah} \approx 21 \text{ buah}$$

8.5.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Effisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



Gambar 8.15 Pondasi Tipe P2

Dimana:

- m = banyaknya tiang dalam kolom = 7 buah
- n = banyaknya tiang dalam baris = 3 buah
- D = diameter tiang pancang = 0,35 m

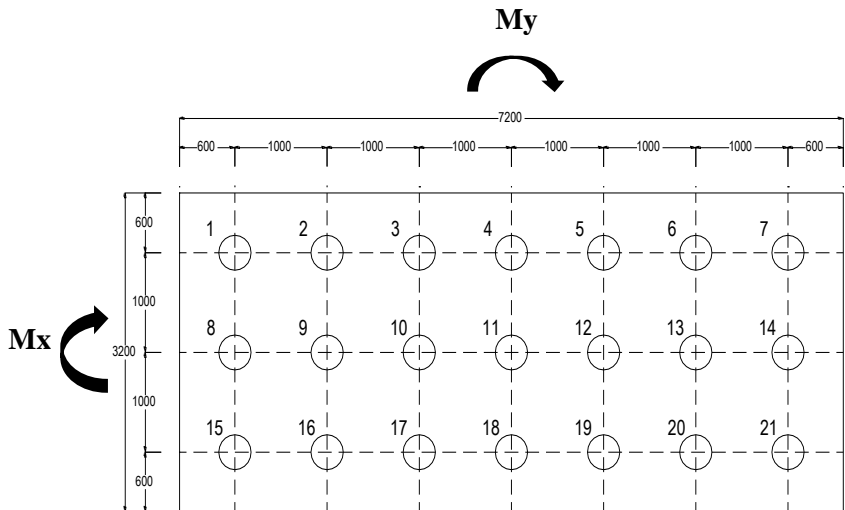
$S = \text{jarak antar sumbu as tiang pancang} = 1,0 \text{ m}$

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,35m}{1,0m} \left[\frac{(3-1) \cdot 7 + (7-1) \cdot 3}{90 \cdot 7 \cdot 3} \right] = 0,612$$

$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P \text{ ijin} = 43,95 \text{ ton}$

8.5.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 8.16 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P2

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

Tabel 8.5 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²	No	x	x ²	y	y ²
1	-3	9	-1	1	12	1	1	0	0
2	-2	4	-1	1	13	2	4	0	0
3	-1	1	-1	1	14	3	9	0	0
4	0	0	-1	1	15	-3	9	1	1
5	1	1	-1	1	16	-2	4	1	1
6	2	4	-1	1	17	-1	1	1	1
7	3	9	-1	1	18	0	0	1	1
8	-3	9	0	0	19	1	1	1	1
9	-2	4	0	0	20	2	4	1	1
10	-1	1	0	0	21	3	9	1	1
11	0	0	0	0					
			$\Sigma x^2 =$	84	$\Sigma y^2 =$	14			

Tabel perhitungan diatas berlaku untuk perhitungan semua kombinasi, dikarenakan eksentrisitas yang didapat mendekati 0 atau tidak ada eksentrisitas.

Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{634,845}{21} - \frac{0,00163 \times 1}{14} - \frac{6,884 \times 3}{84} = 29,98 \text{ ton}$$

$$P1 = 29,98 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{634,845}{21} + \frac{0,00163 \times 1}{14} - \frac{6,884 \times 3}{84} = 29,98 \text{ ton}$$

$$P2 = 29,98 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{634,845}{21} - \frac{0,00163 \times 1}{14} + \frac{6,884 \times 3}{84} = 30,48 \text{ ton}$$

$$P3 = 30,48 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{634,845}{21} + \frac{0,00163 \times 1}{14} + \frac{6,884 \times 3}{84} = 3,48 \text{ ton}$$

$$P4 = 30,48 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

Perhitungan akibat beban sementara arah x:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot ymax}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot xmax}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{895,789}{21} - \frac{0,951 \times 1}{14} - \frac{57,27 \times 3}{84} = 40,54 \text{ ton}$$

$$P1 = 40,54 \text{ ton} > 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{895,789}{21} + \frac{0,951 \times 1}{14} - \frac{57,27 \times 3}{84} = 40,68 \text{ ton}$$

$$P2 = 40,68 \text{ ton} > 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{895,789}{21} - \frac{0,951 \times 1}{14} + \frac{57,27 \times 3}{84} = 44,63 \text{ ton}$$

$$P3 = 44,63 \text{ ton} > 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{895,789}{21} + \frac{0,951 \times 1}{14} + \frac{57,27 \times 3}{84} = 44,77 \text{ ton}$$

$$P4 = 44,77 \text{ ton} > 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Tidak Memenuhi})$$

Perhitungan akibat beban sementara arah y:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot ymax}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot xmax}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{838,867}{21} - \frac{0,706 \times 1}{14} - \frac{19,99 \times 3}{84} = 39,18 \text{ ton}$$

$$P1 = 39,18 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{838,867}{21} + \frac{0,706 \times 1}{14} - \frac{19,99 \times 3}{84} = 39,28 \text{ ton}$$

$$P2 = 39,28 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

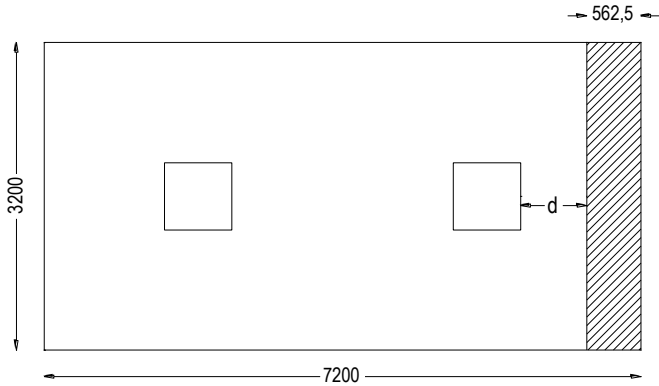
$$P3 = \frac{838,867}{21} - \frac{0,706 \times 1}{14} + \frac{19,99 \times 3}{84} = 40,61 \text{ ton}$$

$$P3 = 40,61 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{838,867}{21} + \frac{0,706 \times 1}{14} + \frac{19,99 \times 3}{84} = 40,71 \text{ ton}$$

$$P4 = 40,71 \text{ ton} < 71,82 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.5.5 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 8.17 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$d = h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2$$

$$d = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2$$

$$d = 887,5 \text{ mm}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):



Gambar 8.18 Beban Terpusat Kolom 1 Akibat Beban 1,2D + 1,6L



Gambar 8.19 Beban Terpusat Kolom 2 Akibat Beban 1,2D + 1,6L

$$P_u = 789,78 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{789,78 \text{ ton}}{3,2\text{m} \cdot 7,2\text{m}} = 34,28 \text{ ton/m}^2 = 0,343 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$\begin{aligned} L' &= (0,5 \cdot h \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\ &= (0,5 \cdot 7200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 700 \text{ mm}) - 887,5 \text{ mm} \\ &= 562,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \times b \times L' \\ &= 0,343 \text{ N/mm}^2 \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 562,5 \text{ mm} \\ &= 617015,46 \text{ N} \end{aligned}$$

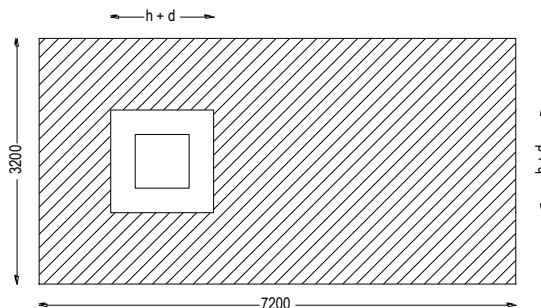
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$V_c = 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 3200 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 2856283,319 \text{ N} > V_u = 617015,46 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.5.6 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

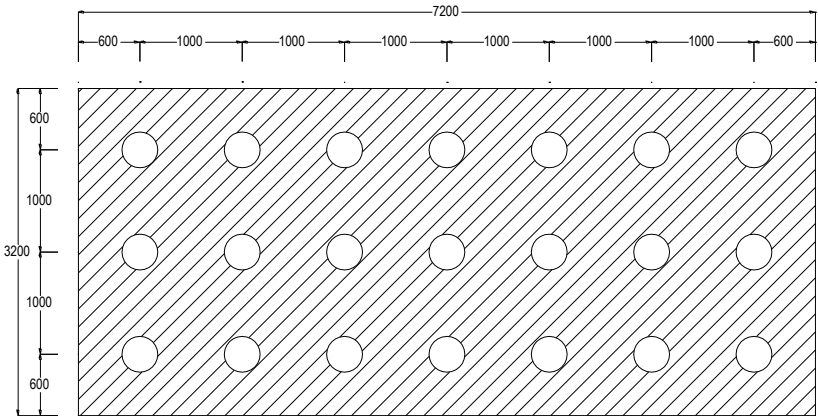


Gambar 8.20 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Kolom pada Kolom 1

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - [(700 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm}) \times (700 \\ &\quad \text{mm} + 887,5 \text{ mm})] \\ &= 20519843,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,343 \text{ N/mm}^2 \cdot 20519843,75 \text{ mm}^2 \\ &= 7033922,78 \text{ N} = 7033,92 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 8.21 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$\begin{aligned} P_u &= 895,789 \text{ ton} \\ Q_u &= \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{895,789 \text{ ton}}{3,2\text{m} \cdot 7,2\text{m}} = 38,87 \text{ ton/m}^2 = 0,38 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (3200 \text{ mm} \cdot 7200 \text{ mm}) - 18 \times (1/4 \times \pi \times (400\text{mm})^2) \\ &= 21019563,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,38 \text{ N/mm}^2 \cdot 21019563,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= 8172349,6 \text{ N} = 8172,35 \text{ kN}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 8172,35 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 700 \text{ mm} / 700 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (700 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) + 4 \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$= 9900 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 26509879,56 \text{ N} = 26509,9 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka:

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 887,5 \text{ mm}}{9900 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \cdot 887,5$

$$V_c = 240099365,45 \text{ N} = 24099,4 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 17153451,4 \text{ N} = 17153,5 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai $8172,35 \text{ kN} < V_c = 17153,5 \text{ kN}$ (Memenuhi)

8.5.7 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$b_{\text{poer}} = 3200 \text{ mm}$

$h_{\text{poer}} = 7200 \text{ mm}$

$t_{\text{poer}} = 1000 \text{ mm}$

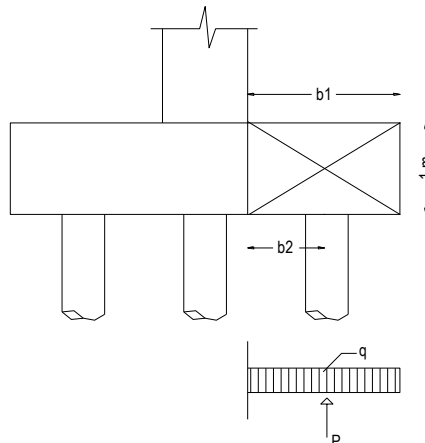
Selimut beton = 75 mm

Diameter tulangan lentur = 25 mm

$d_x = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 912,5 \text{ mm}$

$d_y = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 887,5 \text{ mm}$

c. Penulangan poer arah X



Gambar 8.22 Mekanika Gaya pada Poer Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = (3,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 3,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,7 \text{ m})) = 1,25 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,65 \text{ m}$$

$$q_u = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 7,2 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ = 13950 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 52,57 \text{ ton} = 52572,66 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p \\ = -(0,5 \cdot q_u \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 13950 \text{ kg} \cdot (1,25 \text{ m})^2) + (52572,66 \text{ kg} \cdot 0,625) \\ = 21959,5 \text{ kg.m} \\ = 219594766,9 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{219594766,9 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 274493458,6 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{274493458,6 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (662,5 \text{ mm})^2} = 0,625 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_{c'}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,775}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0016$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 662,5 \text{ mm}$$

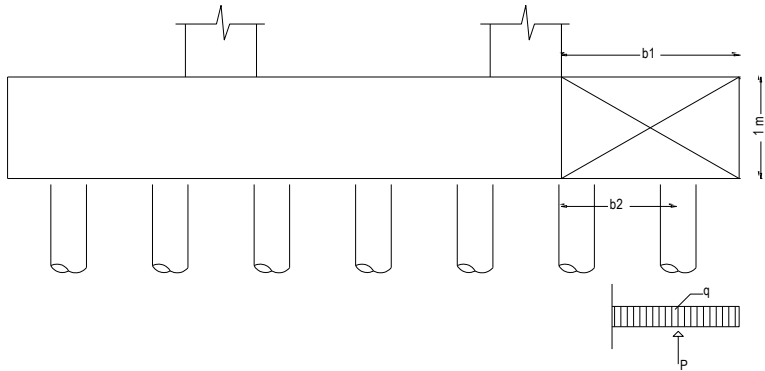
$$A_s \text{ perlu} = 2318,75 \text{ mm}^2$$

Dipakai D 25 – 150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 2318,75 \text{ mm}^2 < A_{s\text{pakai}} = 3272,49 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

d. Penulangan poer arah Y



Gambar 8.23 Mekanika Gaya pada Poer Arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom} \\ = 1,25 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom} \\ = 0,65 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau} \\ = 3,2 \text{ m} \times 0,75 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m} \\ = 7200 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$Pu = 522,57 \text{ ton} = 52572,66 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp \\ = -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \times b2) \\ = -(0,5 \cdot 7200 \text{ kg} \cdot (1,25 \text{ m})^2) + (52572,66 \text{ kg} \cdot 0,65) \\ = 28547,2 \text{ kg.m} \\ = 285472307,5 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{285472307,5 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$Mn = 356840384,4 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{356840384,4 \text{ N.mm}}{1000\text{mm} \cdot (637,5 \text{ mm})^2} = 0,878 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_c'} = \frac{400\text{Mpa}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,878}{400\text{Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0025$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 637,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 2231,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai D25 – 150, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150 \text{ mm}} = 3272,49 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 2231,25 \text{ mm}^2 < A_{s\text{pakai}} = 3272,49 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

8.5.8 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 490000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 3200 \text{ mm} \times 6200 \text{ mm} = 19840000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 447,903 \text{ ton} = 4479,03 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 490000 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 9475375 \text{ N} = 9475,38 \text{ kN} > 4479,03 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{19840000 \text{ mm}^2}{490000 \text{ mm}^2}} = 6,36$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari 2.}$$

Maka:

$$N_2 = 2 \cdot N_1 = 2 (9475,38 \text{ kN})$$

$$N_2 = 18950,8 \text{ kN} > 4479,03 \text{ kN} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

As perlu = 0,005 . 700 mm . 700 mm = 2450 mm²

Maka dipakai 12 D 25, dengan As = 5890,49 mm² > 2450 mm²
(Memenuhi)

8.5.9 Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400 \text{ Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \cdot 25 \text{ mm} = 405,674 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 400 \text{ Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai ℓ_{dc1} terbesar = 430 mm \approx 500 mm

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_a = \left(\frac{f_y \cdot \psi_t \cdot \psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{c'}}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_a = \left(\frac{400 \text{ Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{ mm} = 994,299 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

8.6 Pondasi P3

8.6.1 Perencanaan Dimensi Poer

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut “Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa – Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck)” menyebutkan bahwa:

Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 2,5 D$$

$$S \geq 2,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 100 \text{ cm}$$

Maka dipakai S = 100 cm

Perhitungan jarak tiang ke tepi poer (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka dipakai $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga total lebar poer:

$$b = (5 \times 100 \text{ cm}) + (2 \times 60 \text{ cm}) = 620 \text{ cm} = 3,2 \text{ m}$$

$$h = (8 \times 100 \text{ cm}) + (2 \times 60 \text{ cm}) = 920 \text{ cm} = 7,2 \text{ m}$$

Untuk tinggi poer direncanakan setebal = $100 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

8.6.2 Gaya yang Terjadi pada Pondasi

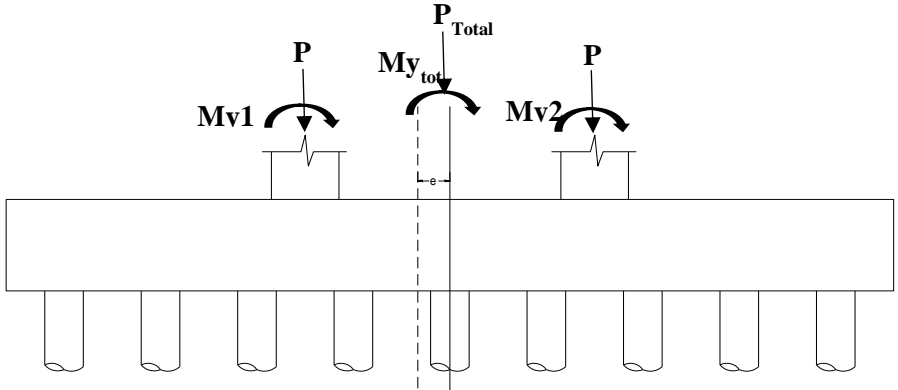
Dari program bantu SAP 2000 v.14, diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 888,887,883,884, 881,882 yakni sebagai berikut:

Tabel 8.6 Hasil Output SAP untuk Pondasi P3

Joint	Gaya	1D + 1L	1,2D + 1L + 1Ex	1,2D + 1L + 1Ey
888	P	214.156	351.647	308.025
	Mx	0.00979	0.11	0.116
	My	0.458	25.953	6.939
887	P	213.435	350.888	307.244
	Mx	0.00205	0.102	0.1
	My	0.429	25.904	6.909
883	P	229.204	355.212	288.221
	Mx	0.00318	0.119	0.326
	My	3.599	31.324	10.816
884	P	229.009	355.013	288.023
	Mx	0.00468	0.122	0.332
	My	3.437	31.139	10.631
881	P	214.474	352.035	308.379
	Mx	0.01336	0.112	0.117
	My	0.412	25.896	6.892
882	P	214.175	351.682	308.061
	Mx	0.00081	0.09684	0.101

	My	0.444	25.933	6.929
--	----	-------	--------	-------

Mencari eksentrisitas dan gaya pondasi gabungan arah X



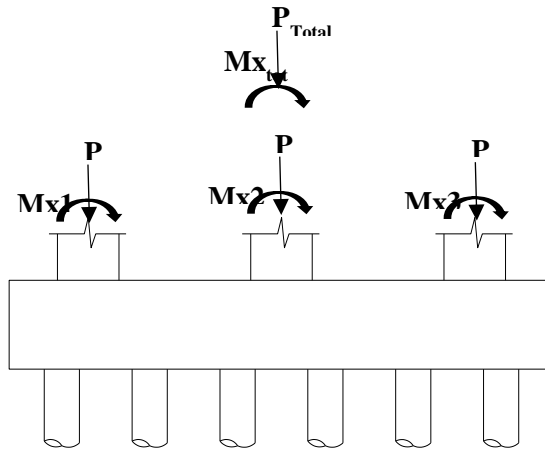
Gambar 8.24 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah X

Jarak antar kolom (L) = 3 m

$$x = \frac{P_{min} \cdot L}{P_{min} + P_{max}}$$

$$ex = \frac{L}{2} - x$$

Mencari eksentrisitas dan gaya pondasi gabungan arah Y



Gambar 8.25 Eksentrisitas Pondasi Gabungan Arah Y

Jarak antar kolom (L) = 2,2 m

$$x = \frac{(P_1 \cdot L) + (P_2 \cdot L/2)}{P_1 + P_2 + P_3}$$

$$ey = \frac{L}{2} - x$$

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$\sum Mx = \sum Mx + \sum P \cdot ey$$

$$\sum My = \sum My + \sum P \cdot ex$$

Tabel 8.7 Gaya yang terjadi pada Pondasi Gabungan

Gaya Gabungan	1D + 1L	1,2D + 1L + 1Ex	1,2D + 1L + 1Ey
$\sum P$	1314.5	2116.5	1808
$\sum Mx$	1.432	2.369	2,648
$\sum My$	12.104	169.58	52.558

Perhitungan Kebutuhan Tiang Pancang:

Akibat beban tetap

$$n = \frac{1314,5}{71,82} = 20,21 \text{ buah} \approx 54 \text{ buah}$$

Akibat beban sementara

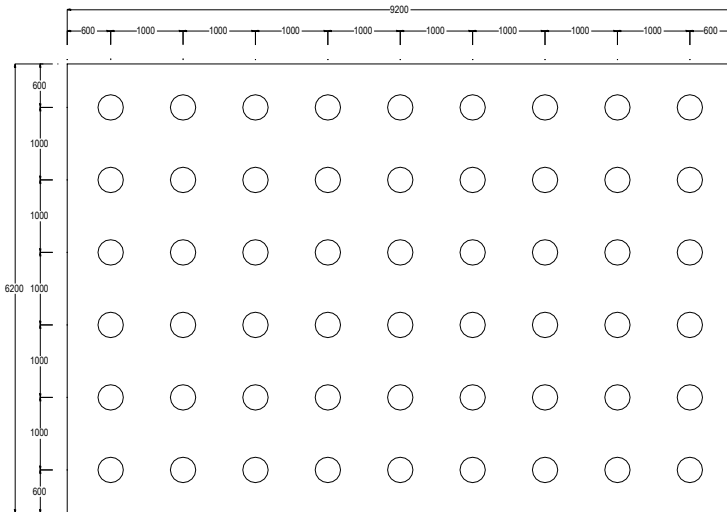
$$n = \frac{2116,5}{71,82} = 31,38 \text{ buah} \approx 54 \text{ buah}$$

8.6.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Efisiensi

Berdasarkan “Analisa dan Desain Pondasi – Jilid 2 (Joseph E Bowles)”, perhitungan daya dukung poer berdasarkan efisiensi adalah sebagai berikut:

Metode Converce-Labarre

$$\text{Effisiensi } (\eta) = 1 - \arctan \frac{D}{S} \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$



Gambar 8.26 Pondasi Tipe P3

Dimana:

m = banyaknya tiang dalam kolom = 9 buah

n = banyaknya tiang dalam baris = 6 buah

D = diameter tiang pancang = 0,4 m

S = jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,0 m

Sehingga:

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,40m}{1,0m} \left[\frac{(6-1) \cdot 9 + (9-1) \cdot 6}{90 \cdot 9 \cdot 6} \right] = 0,5614$$

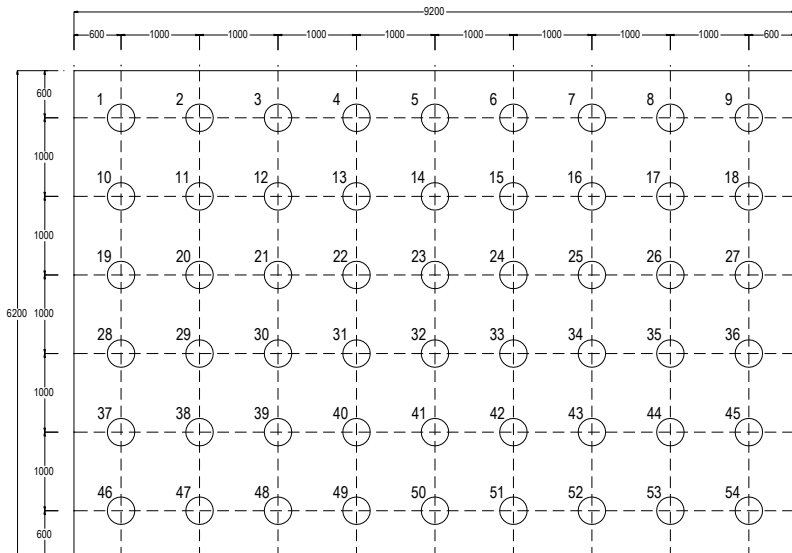
$$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P \text{ ijin} = 40,323 \text{ ton}$$

Kontrol Gaya yang Bekerja pada Tiang Pancang

$$P_{\text{group}} \geq \Sigma P_v$$

$$(40,323 \times 54 \text{ buah} = 2177,4 \text{ ton}) \geq 2116,48 \text{ ton (Aman)}$$

8.6.4 Perhitungan Daya Dukung Tiang dalam Kelompok



Gambar 8.27 Gaya yang terjadi pada Poer dan Tiang Pancang Tipe P3

Maka untuk gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang adalah:

Tabel 8.8 Perhitungan Jarak Tiang Pancang dari Titik Pusat

No	x	x ²	y	y ²	No	x	x ²	y	y ²
1	-4	16	-2.5	6.25	28	-4	16	0.5	0.25
2	-3	9	-2.5	6.25	29	-3	9	0.5	0.25
3	-2	4	-2.5	6.25	30	-2	4	0.5	0.25
4	-1	1	-2.5	6.25	31	-1	1	0.5	0.25
5	0	0	-2.5	6.25	32	0	0	0.5	0.25
6	1	1	-2.5	6.25	33	1	1	0.5	0.25
7	2	4	-2.5	6.25	34	2	4	0.5	0.25
8	3	9	-2.5	6.25	35	3	9	0.5	0.25
9	4	16	-2.5	6.25	36	4	16	0.5	0.25
10	-4	16	-1.5	2.25	37	-4	16	1.5	2.25
11	-3	9	-1.5	2.25	38	-3	9	1.5	2.25
12	-2	4	-1.5	2.25	39	-2	4	1.5	2.25
13	-1	1	-1.5	2.25	40	-1	1	1.5	2.25
14	0	0	-1.5	2.25	41	0	0	1.5	2.25
15	1	1	-1.5	2.25	42	1	1	1.5	2.25
16	2	4	-1.5	2.25	43	2	4	1.5	2.25
17	3	9	-1.5	2.25	44	3	9	1.5	2.25
18	4	16	-1.5	2.25	45	4	16	1.5	2.25
19	-4	16	-0.5	0.25	46	-4	16	2.5	6.25
20	-3	9	-0.5	0.25	47	-3	9	2.5	6.25
21	-2	4	-0.5	0.25	48	-2	4	2.5	6.25
22	-1	1	-0.5	0.25	49	-1	1	2.5	6.25
23	0	0	-0.5	0.25	50	0	0	2.5	6.25
24	1	1	-0.5	0.25	51	1	1	2.5	6.25
25	2	4	-0.5	0.25	52	2	4	2.5	6.25
26	3	9	-0.5	0.25	53	3	9	2.5	6.25
27	4	16	-0.5	0.25	54	4	16	2.5	6.25
			Σx^2	360	Σy^2	157.5			

a. Perhitungan akibat beban tetap:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{\Sigma Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{1314,5}{54} - \frac{1,43 \times 2,5}{157,5} - \frac{12,104 \times 4}{360} = 24,185 \text{ ton}$$

$$P1 = 24,185 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{1314,5}{54} + \frac{1,43 \times 2,5}{157,5} - \frac{12,104 \times 4}{360} = 24,23 \text{ ton}$$

$$P2 = 24,23 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{1314,5}{54} - \frac{1,43 \times 2,5}{157,5} + \frac{12,104 \times 4}{360} = 24,453 \text{ ton}$$

$$P3 = 24,453 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{1314,5}{54} + \frac{1,43 \times 2,5}{157,5} + \frac{12,104 \times 4}{360} = 24,499 \text{ ton}$$

$$P4 = 24,499 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

b. Perhitungan akibat beban sementara arah X:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{2116,5}{54} - \frac{2,36 \times 2,5}{157,5} - \frac{169,58 \times 4}{360} = 37,272 \text{ ton}$$

$$P1 = 37,272 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{2116,5}{54} + \frac{2,36 \times 2,5}{157,5} - \frac{169,58 \times 4}{360} = 37,347 \text{ ton}$$

$$P2 = 37,347 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P3 = \frac{2116,5}{54} - \frac{2,36 \times 2,5}{157,5} + \frac{169,58 \times 4}{360} = 41,041 \text{ ton}$$

$$P3 = 41,041 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{2116,5}{54} + \frac{2,36 \times 2,5}{157,5} + \frac{169,58 \times 4}{360} = 41,116 \text{ ton}$$

$$P4 = 41,116 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

c. Perhitungan akibat beban sementara arah Y:

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{\Sigma x^2}$$

$$P1 = \frac{1808}{54} - \frac{2,64 \times 2,5}{157,5} - \frac{52,55 \times 4}{360} = 32,855 \text{ ton}$$

$$P1 = 32,855 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P2 = \frac{1808}{54} + \frac{2,64 \times 2,5}{157,5} - \frac{52,55 \times 4}{360} = 32,939 \text{ ton}$$

$$P2 = 32,939 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

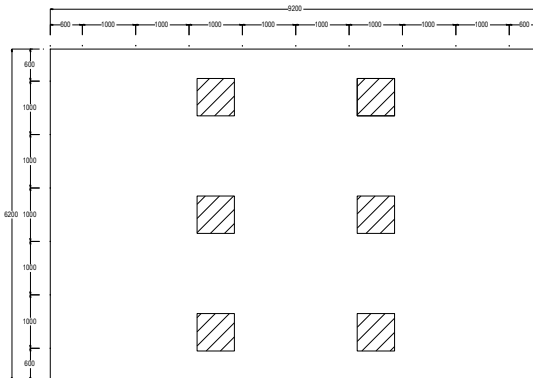
$$P3 = \frac{1808}{54} - \frac{2,64 \times 2,5}{157,5} + \frac{52,55 \times 4}{360} = 34,023 \text{ ton}$$

$$P3 = 34,023 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$P4 = \frac{1808}{54} + \frac{2,64 \times 2,5}{157,5} + \frac{52,55 \times 4}{360} = 34,107 \text{ ton}$$

$$P4 = 34,107 \text{ ton} < 71,81 \text{ ton} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.6.5 Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 8.28 Bidang Kritis Geser Satu Arah Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D25 untuk tulangan lentur:

$$\begin{aligned}d &= h - t - \text{diameter tul. poer} - \text{diameter tul. poer} / 2 \\d &= 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 \\d &= 887,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Didapatkan dari program bantu SAP 2000 v.14, beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor (1,2D + 1,6L):

$$\begin{aligned}P_u &= 1625,4 \text{ ton} \\Q_u &= \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{1625,4 \text{ ton}}{6,2m \cdot 9,2m} = 28,495 \text{ ton/m}^2 = 0,284 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u

$$\begin{aligned}L' &= (0,5 \cdot b \text{ poer}) - (0,5 \cdot b \text{ kolom}) - d \\&= (0,5 \cdot 6200 \text{ mm}) - (0,5 \cdot 700 \text{ mm}) - 887,5 \text{ mm} \\&= 312,5 \text{ mm} \\V_u &= Q_u \times b \times L' \\&= 0,284 \text{ N/mm}^2 \cdot 6200 \text{ mm} \cdot 312,5 \text{ mm} \\&= 552090,52 \text{ N}\end{aligned}$$

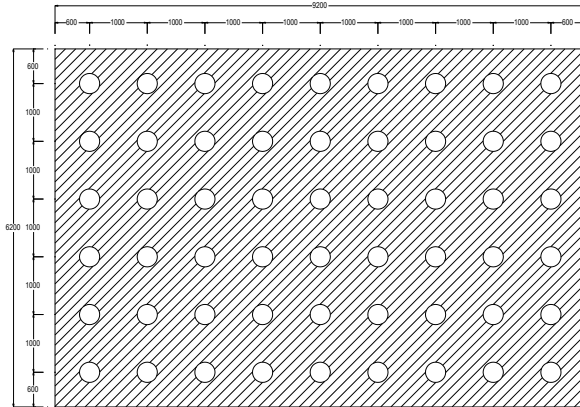
Gaya geser yang mampu dipikul oleh beton, V_c

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\V_c &= 0,17 \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 6200 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm} \\V_c &= 5534048,93 \text{ N} > V_u = 552090,52 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})\end{aligned}$$

8.6.6 Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned}A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - [(b \text{ kolom} + d) \times (h \text{ kolom} + d)] \\&= (6200 \text{ mm} \cdot 9200 \text{ mm}) - [(700 \text{ mm} + 887,5 \text{ mm}) \times (700 \\&\quad \text{mm} + 887,5 \text{ mm})] \\&= 54519843,75 \text{ mm}^2 \\V_u &= Q_u \cdot A_t \\&= 0,284 \text{ N/mm}^2 \cdot 54519843,75 \text{ mm}^2 \\&= 15535426,61 \text{ N} = 15535 \text{ kN}\end{aligned}$$



Gambar 8.29 Bidang Kritis Geser Dua Arah Akibat Tiang Pancang

Diketahui beban terpusat terbesar tiang pancang yakni:

$$P_u = 2116,5 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{2116,5 \text{ ton}}{6,2\text{m} \cdot 9,2\text{m}} = 37,105 \text{ ton/m}^2 = 0,371 \text{ N/mm}^2$$

Menghitung gaya geser dua arah yang terjadi pada poer, V_u :

$$\begin{aligned} A_t &= (b \text{ poer} \cdot h \text{ poer}) - n \times A \text{ tiang} \\ &= (6200 \text{ mm} \cdot 9200 \text{ mm}) - 54 \times (1/4 \times \pi \times (400\text{mm})^2) \\ &= 51844591,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= Q_u \cdot A_t \\ &= 0,371 \text{ N/mm}^2 \cdot 51844591,15 \text{ mm}^2 \\ &= 19237006,4 \text{ N} = 19237 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka untuk nilai V_u yang dipakai adalah yang terbesar diantara V_u akibat kolom dan V_u akibat tiang pancang, diambil V_u sebesar = 19237 kN

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a), (b), dan (c), untuk perencanaan plat atau pondasi telapak aksi dua arah, nilai V_c

harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil:

- $V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

β = rasio dari sisi panjang kolom terhadap sisi pendek kolom

$$\beta = 700 \text{ mm} / 700 \text{ mm} = 1$$

b_o = keliling dari penampang kritis

$$= 2 \cdot (b \text{ kolom} + h \text{ kolom}) + 4 d$$

$$= 2 \cdot (700 \text{ mm} + 700 \text{ mm}) + 4 \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$= 9900 \text{ mm}$$

$\lambda = 1$ (Untuk beton normal)

Maka:

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 26509879,56 \text{ N} = 26509,9 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

Dimana:

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

Maka:

- $V_c = 0,083 \cdot \left(\frac{40 \cdot 887,5 \text{ mm}}{9900 \text{ mm}} + 2\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \cdot 887,5$

$$V_c = 24099365,45 \text{ N} = 24099,4 \text{ kN}$$

- $V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$

$$V_c = 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{35 \text{ Mpa}} \cdot 9900 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 17153451,48 \text{ N} = 17153,5 \text{ kN}$$

Maka dipakai yang terkecil dari 3 persamaan tersebut, sehingga dipakai nilai $V_c = 17153,5 \text{ kN}$

$$V_u = 3186,3 \text{ kN} < V_c = 17153,5 \text{ kN} \quad (\text{Memenuhi})$$

8.6.7 Perencanaan Tulangan Lentur Poer

Pada perencanaan tulangan lentur pada poer, nantinya poer diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap.

Diketahui:

$$b \text{ poer} = 6200 \text{ mm}$$

$$h \text{ poer} = 9200 \text{ mm}$$

$$t \text{ poer} = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 25 \text{ mm}$$

$$dx = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 912,5 \text{ mm}$$

$$dy = 1000 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 25 \text{ mm} / 2 = 887,5 \text{ mm}$$

a. Penulangan poer arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

$$b1 = \text{jarak dari ujung poer ke tepi kolom}$$

$$= (6,2 \text{ m} - (0,5 \cdot 6,2 \text{ m} + 0,5 \cdot 0,7 \text{ m})) = 2,75 \text{ m}$$

$$b2 = \text{jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom}$$

$$= 2,75 \text{ m} / 2 = 1,375 \text{ m}$$

$$qu = \text{berat poer pada daerah yang ditinjau}$$

$$= 6,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 2,75 \text{ m}$$

$$= 40920 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$Pu = 41,116 \text{ ton} = 41115,8 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$Mu = -Mq + Mp$$

$$= -(0,5 \cdot qu \cdot b1^2) + (P \cdot b2)$$

$$= -(0,5 \cdot 40920 \text{ kg} \cdot (2,75 \text{ m})^2) + (41115,8 \text{ kg} \cdot 1,375)$$

$$= 98194 \text{ kg.m}$$

$$= 981944821,3 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{981944821,3 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$Mn = 1227431027 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{1227431027 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (912,5 \text{ mm})^2} = 1,474 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_{c'}'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 1,47}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0038$$

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

Karena nilai $\rho > \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0038$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0038 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 912,5 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = 3450 \text{ mm}^2$$

Dipakai D 25 – 120, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 4090,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 3450 \text{ mm}^2 < A_{s \text{ pakai}} = 4090,6 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

b. Penulangan poer arah Y

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut:

b1 = jarak dari ujung poer ke tepi kolom

$$= 1,25 \text{ m}$$

b2 = jarak dari as tiang pancang ke tepi kolom

$$= 0,65 \text{ m}$$

qu = berat poer pada daerah yang ditinjau

$$= 9,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 1,25 \text{ m}$$

$$= 27600 \text{ kg}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang adalah:

$$P_u = 41,116 \text{ ton} = 41115,8 \text{ kg}$$

Maka, momen yang terjadi pada poer adalah:

$$M_u = -M_q + M_p$$

$$= -(0,5 \cdot q_u \cdot b_1^2) + (P \times b_2)$$

$$= -(0,5 \cdot 27600 \text{ kg} \cdot (1,25 \text{ m})^2) + (41115,8 \text{ kg} \cdot 0,65)$$

$$= 5162,8 \text{ kg.m}$$

$$= 51627902,65 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{51627902,65 \text{ N.mm}}{0,8}$$

$$M_n = 64534878,31 \text{ N.mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{64534878,31 \text{ N.mm}}{1000 \text{ mm} \cdot (887,5 \text{ mm})^2} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,8 \cdot f_{cr}} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \cdot 35 \text{ Mpa}} = 13,45$$

$$\rho = \frac{1}{13,44} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 13,44 \cdot 0,08}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0,0002$$

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

Karena nilai $\rho < \rho_{\min}$, maka dipakai nilai $\rho = 0,0035$

As perlu = $\rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 887,5 \text{ mm}$

As perlu = $3106,25 \text{ mm}^2$

Dipakai D25 – 120, maka:

$$A_s = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot (25 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{120 \text{ mm}} = 4090,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = 3450 \text{ mm}^2 < A_{s\text{pakai}} = 4090,6 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

8.6.8 Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A_1 = \text{Luas kolom} = 700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} = 490000 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \text{Luas poer} = 6200 \text{ mm} \times 9200 \text{ mm} = 57040000 \text{ mm}^2$$

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 351,65 \text{ ton} = 3516,47 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi \cdot 0,85 \cdot f_{cr} \cdot A_1 = 0,65 \cdot 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 490000 \text{ mm}^2$$

$$N_1 = 9475375 \text{ N} = 9475,38 \text{ kN} > 3516,47 \text{ kN} \text{ (Memenuhi)}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{57040000 \text{ mm}^2}{490000 \text{ mm}^2}} = 10,78$$

Namun, berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 10.14.1, nilai $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$

tidak perlu diambil lebih dari 2.

Maka:

$$N_2 = 2 \cdot N_1 = 2 (9475,38 \text{ kN})$$

$$N_2 = 18951 \text{ kN} > 3516,47 \text{ kN} \quad \text{(Memenuhi)}$$

Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas bruto komponen struktur yg ditumpu. Sehingga:

As perlu = 0,005 . 700 mm . 700 mm = 2450 mm²

Maka dipakai 12 D 25, dengan As = 5890,49 mm² > 2450 mm²
(Memenuhi)

8.6.9 Panjang Penyaluran Tulangan Pasak

Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.3.2, untuk panjang penyaluran tulangan tekan diambil dari yg terbesar diantara:

$$\ell_{dc1} = \frac{0,24 \cdot f_y}{\lambda \cdot \sqrt{f'_{cr}}} \cdot d_b = \frac{0,24 \cdot 400 \text{Mpa}}{1,0 \cdot \sqrt{35 \text{Mpa}}} \cdot 25 \text{mm} = 405,674 \text{ mm}$$

$$\ell_{dc2} = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043 \cdot 25 \text{mm} \cdot 400 \text{Mpa} = 430 \text{ mm}$$

Dipakai nilai ℓ_{dc1} terbesar = 430 mm \approx 500 mm

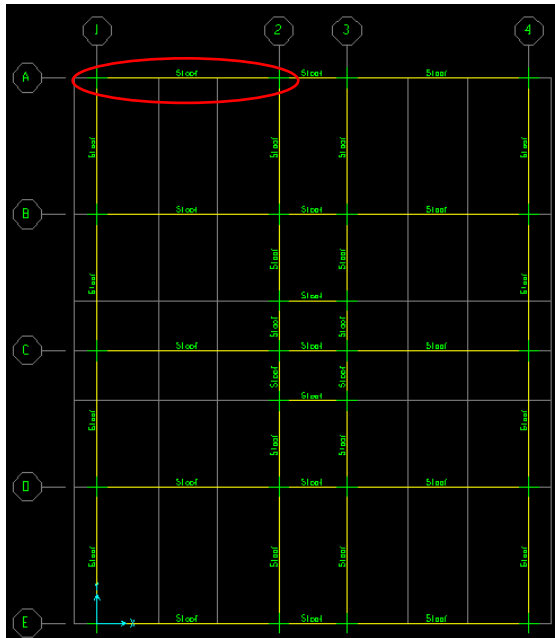
Berdasarkan SNI 2847 – 2013 Pasal 12.2, untuk panjang penyaluran tulangan tarik diambil sebagai berikut:

$$\ell_d = \left(\frac{f_y \cdot \Psi_t \cdot \Psi_e}{1,7 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_{cr}}} \right) \cdot d_b$$

$$\ell_d = \left(\frac{400 \text{Mpa} \cdot 1,3 \cdot 1,0}{1,7 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{35 \text{Mpa}}} \right) \cdot 25 \text{mm} = 994,299 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm}$$

8.7 Perhitungan Balok Sloof

Menurut Pedoman Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 pasal 2.2.8, untuk pondasi setempat dari suatu gedung harus saling berhubungan dalam 2 arah (umumnya saling tegak lurus) oleh unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial tarik dan tekan sebesar 10% dari beban vertikal maksimum. Dalam perancangan sloof ini diambil contoh perhitungan pada sloof dibawah ini :



Gambar 8.30 Denah Sloof yang Ditinjau

8.7.1 Data Perencanaan

Dimensi sloof	= 400 mm x 600 mm
Panjang sloof	= 8,0 m
Mutu beton (f_c')	= 35 MPa
Mutu Baha (f_y)	= 400 MPa
Diameter tulangan lentur	= 22 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter tulangan sengkang} &= 13 \text{ mm} \\
 \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\
 d = 600 - 40 - 13 - (0,5 \cdot 22) &= 536 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

8.7.2 Penulangan Lentur Balok Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga perilaku penampang hampir mirip dengan perilaku kolom.

Untuk memudahkan desain penulangan lentur sloof digunakan program bantu PCACol v.3.6.4 analisis dengan memasukan data beban sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 2666 \text{ kN} \\
 \text{Berat aksial } N_u = 10\% P_u &= 266,6 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban yang diterima sloof :

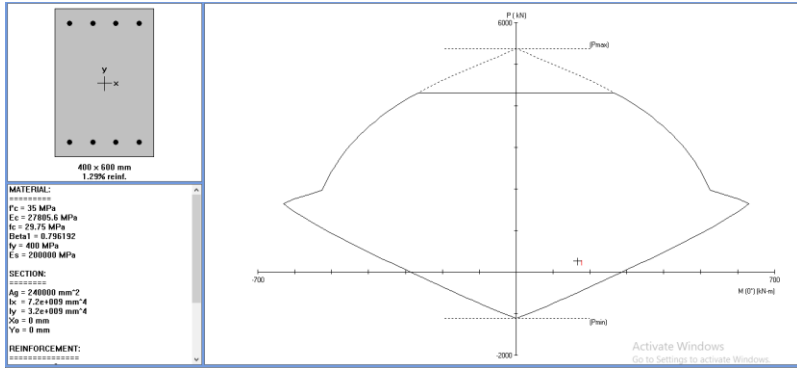
$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri} &= 2400 \times 0,40 \times 0,60 = 576 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat dinding basement} &= 2400 \times 0,30 \times 2,1 = 1512 \text{ kg/m} + \\
 &= 2088 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,4 q_d \\
 &= 1,4 (2088 \text{ kg/m}) \\
 &= 2923 \text{ kg/m} \\
 V_u &= 0,5 q L \\
 &= 0,5 (2088) (8) \\
 &= 8352 \text{ kg} = 83,52 \text{ kN} \\
 M_u &= 1/8 q L^2 \\
 &= 1/8 (2088) (8^2) \\
 &= 16704 \text{ kg.m} = 167 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Dari Program SpCpolumn dengan memasukkan beban :

$$\begin{aligned}
 P &= 266,6 \text{ kN} \\
 M &= 167 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Sehingga didapat diagram interaksi seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 8.31 Diagram Interaksi Sloof

Dari diagram interaksi pada Gambar 8.24 didapatkan rasio tulangan sebesar 1,29% (8D22) serta terlihat pula bahwa sloof mampu memikul kombinasi momen dan aksial yang terjadi.

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua tulangan longitudinal adalah 25 mm. Besarnya jarak antara tulangan longitudinal terpasang pada balok sloof tersebut adalah :

$$S = \frac{b_w - 2 \cdot deck - 2 \cdot D_{sengkan} - n \cdot D_{lentur}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$S = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 4.22}{4 - 1} = 68,67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

8.7.3 Penulangan Geser Balok Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut :

$$A_g = 400 \times 600 = 240000 \text{ mm}^2$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{266,6 \cdot 10^3}{14 \cdot 240000} \right) (1) \sqrt{35} (400)(536)$$

$$V_c = 232735,93 \text{ N} = 232,7 \text{ kN}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$(\phi V_c = 232,7 \text{ kN}) \geq (V_u = 83,52 \text{ kN}) \text{ OKE}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $d/2 = 536 / 2 =$
- 250 mm

Jadi dipasang sengkang D13 – 150 mm disepanjang balok sloof

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX

METODE PELAKSANAAN

9.1 Umum

Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item – item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material – material beton pracetak. Proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah

9.2 Produksi Elemen Pracetak

Beberapa item pekerjaan yang harus dimonitor pada tahap produksi adalah kelengkapan dari perintah kerja dan gambar produk, mutu dari bahan baku, mutu dari cetakan, mutu atau kekuatan beton, penempatan dan pemadatan beton, ukuran produk, posisi pemasangan, perawatan beton, pemindahan, dan penyimpanan.

1. Pembuatan bekisting elemen pracetak
2. Pemasangan tulangan
3. Pengecoran
4. Pengeringan beton
5. Perawatan beton

9.3 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain :

1. Kemampuan maksimum crane yang digunakan
2. Metode pengangkatan
3. Letak titik – titik angkat pada elemen pracetak

hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan tidak angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini elemen pracetak diasumsikan diangkat pada saat umur 3 hari dengan memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak. STT293 CONCISE TOWER CRANE Jarak jangkau

maksimum 30 m dengan beban maksimum 9 ton. *Tower crane* yang digunakan 1 buah.

Tabel 9.1 Kapasitas Angkat dan Radius Tower Crane

R	Fall	R(max) m	C(max) t	30	35	40	44	50	54	60	64	70	74
74	IV	14.3	18.00	7.02	6.23	5.05	4.48	3.80	3.43	2.98	2.72	2.39	2.20
	II	25.9	9.00	7.66	6.73	5.55	4.98	4.30	3.93	3.48	3.22	2.89	2.70
70	IV	14.6	18.00	7.42	6.41	5.25	4.66	3.96	3.58	3.11	2.84	2.50	
	II	26.7	9.00	7.92	6.91	5.75	5.16	4.46	4.08	3.61	3.34	3.00	
64	IV	15.7	18.00	8.30	7.03	5.83	5.19	4.42	4.01	3.49	3.20		
	II	29.1	9.00	8.80	7.53	6.33	5.69	4.92	4.51	3.99	3.70		
60	IV	15.7	18.00	8.30	7.00	5.84	5.20	4.43	4.02	3.50			
	II	29.1	9.00	8.80	7.51	6.34	5.70	4.93	4.52	4.00			
54	IV	15.7	18.00	8.40	7.08	5.95	5.30	4.52	4.10				
	II	29.6	9.00	8.90	7.57	6.45	5.80	5.02	4.60				
50	IV	16.3	18.00	8.60	7.44	6.30	5.62	4.80					
	II	31.0	9.00	9.00	7.94	6.80	6.12	5.30					
44	IV	18.2	18.00	10.10	8.53	7.28	6.50						
	II	35.0	9.00	9.00	9.00	7.78	7.00						
40	IV	18.5	18.00	10.35	8.76	7.50							
	II	35.9	9.00	9.00	9.00	8.00							
35	IV	18.5	18.00	10.35	8.80								
	II	35.0	9.00	9.00	9.00								
30	IV	18.5	18.00	10.35									
	II	30.0	9.00	9.00									

Kontrol Kapasitas Crane

Balok Induk = $0,5 \times 0,57 \times 7,3 \times 2400$

= 4993,2 kg

= 4,9 ton

Balok Anak = $0,3 \times 0,37 \times 5,5 \times 2400$

= 1465,2 kg

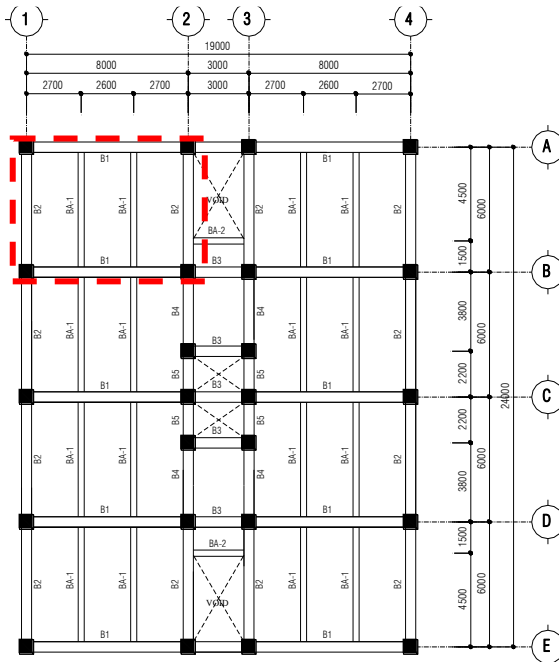
= 1,46 ton

Pelat = $0,07 \times 2,3 \times 1,1 \times 2400$

= 425,04 kg

= 0,425 ton

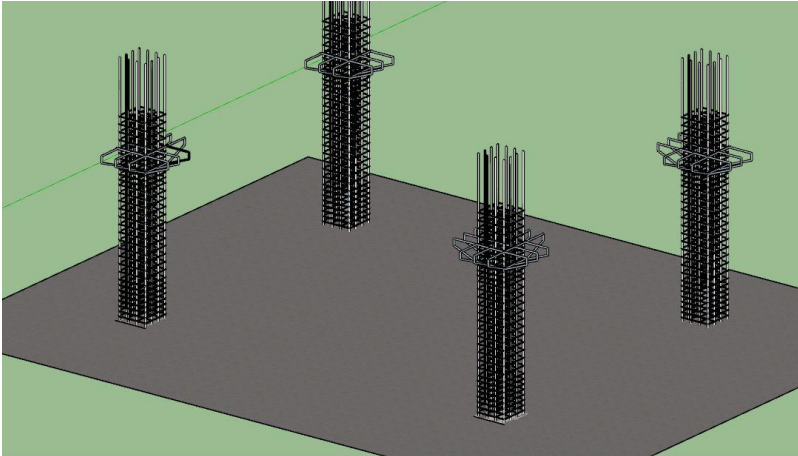
Untuk metode pelaksanaan pekerjaan elemen pracetak akan meninjau satu section dibawah ini :



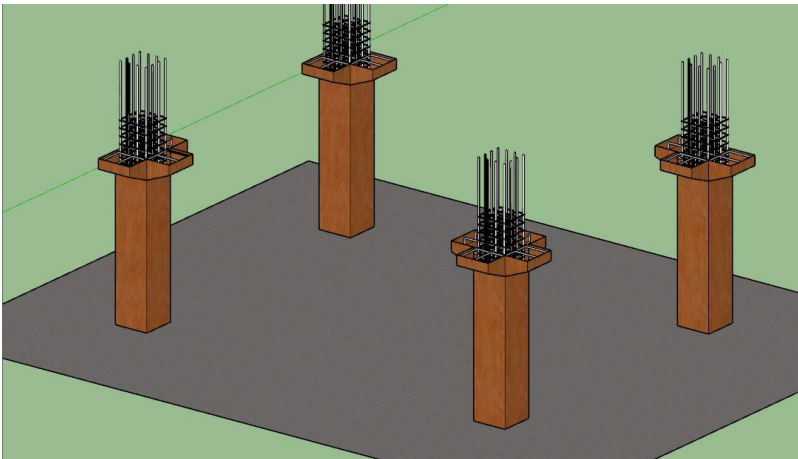
Gambar 9.1 Section yang Ditinjau

9.4 Pekerjaan Kolom

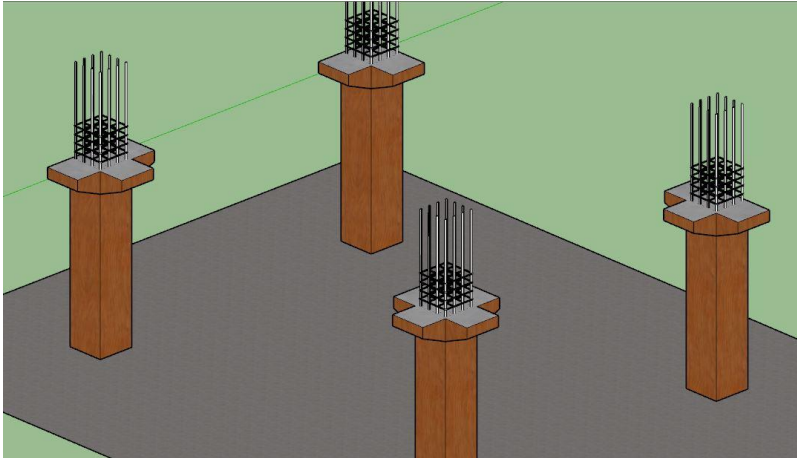
Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan pile cap dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian pile cap. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom.



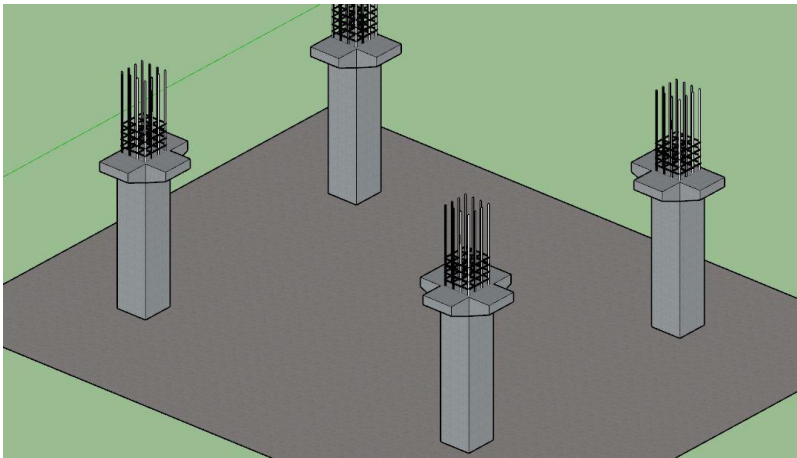
Gambar 9.2 Instalasi Tulangan Kolom



Gambar 9.3 Pemasangan Bekisting Kolom



Gambar 9.4 Pengecoran Kolom

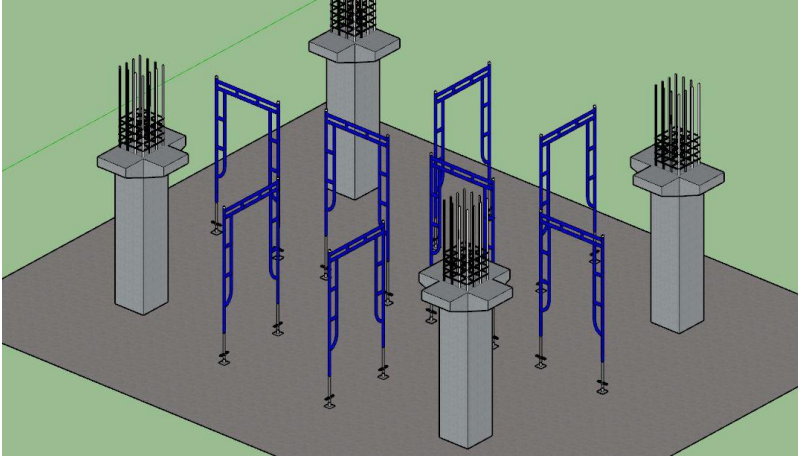


Gambar 9.5 Pelepasan Bekisting Kolom

9.5 Pemasangan Perancah Balok

Menurut perhitungan yang telah dilakukan pada bab bab sebelumnya, proses pemasangan balok induk dan balok anak diperlukan perancah pada beberapa titik untuk mendukung berat

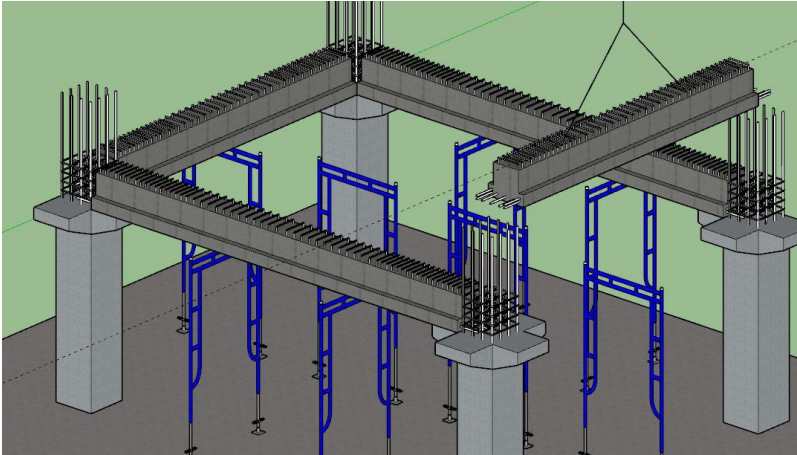
yang ada di atasnya. Letak perancah untuk mendukung balok balok dapat dilihat pada gambar dibawah ini



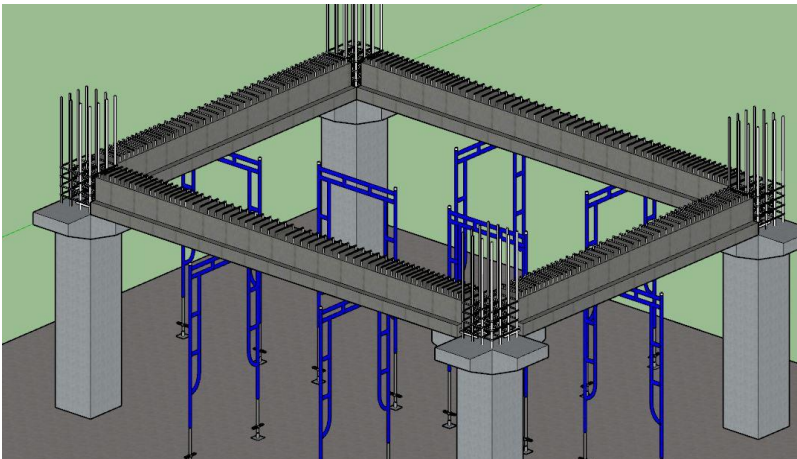
Gambar 9.6 Pemasangan Perancah untuk Balok

9.6 Pemasangan Balok Induk

Elemen pracetak balok induk dipasang pada posisi sebenarnya saat umur beton pracetak 7 hari. Proses pemasangan elemen pracetak menggunakan alat bantu tower crane. Tower crane yang digunakan mampu menjangkau keseluruhan area proyek dan mampu menahan elemen pracetak sampai di ujung bentang tower crane tersebut. Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom sampai batas konsol. Untuk sambungan pada pertemuan antara balok induk, tulangan bawah akan dilas dan tulangan atas akan dibuat menerus.



Gambar 9.7 Pengangkatan Balok Induk Pracetak

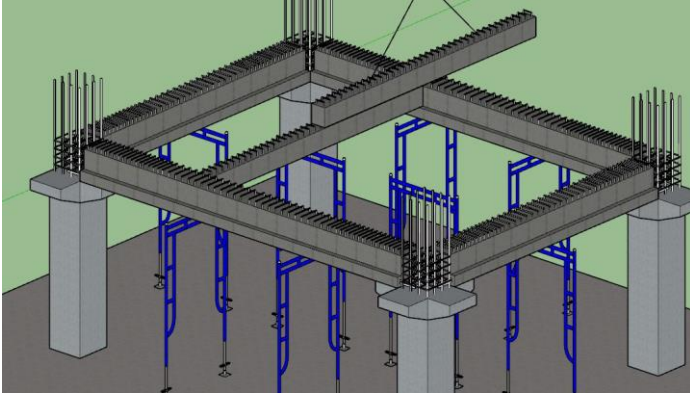


Gambar 9.8 Pemasangan Balok Induk Pracetak

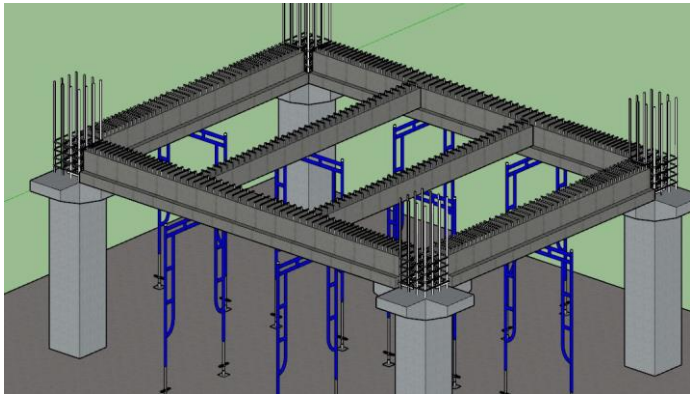
9.7 Pemasangan Balok Anak

Setelah balok induk terpasang, dilanjutkan pemasangan balok anak. Pemasangan balok anak pracetak diletakkan di titik dimana balok anak berada. Sayap pada balok induk T terbalik menjadi tempat bertumpunya balok anak. Untuk mencegah terjadinya

kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang perancah dengan posisi satu di tengah. Untuk sambungan antara balok anak dan induk, diberi baut pada pertemuan tersebut.



Gambar 9.9 Pengangkatan Balok Anak Pracetak

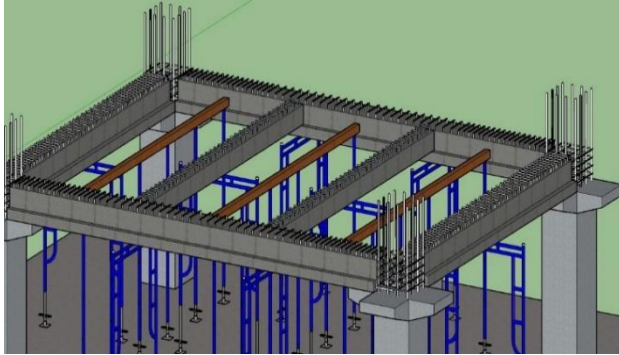


Gambar 9.10 Pemasangan Balok Anak Pracetak

9.8 Pemasangan Perancah Pelat

Untuk memenuhi kebutuhan tegangan ijin pada saat pemasangan dan pengecoran pelat, maka dibutuhkan perancah

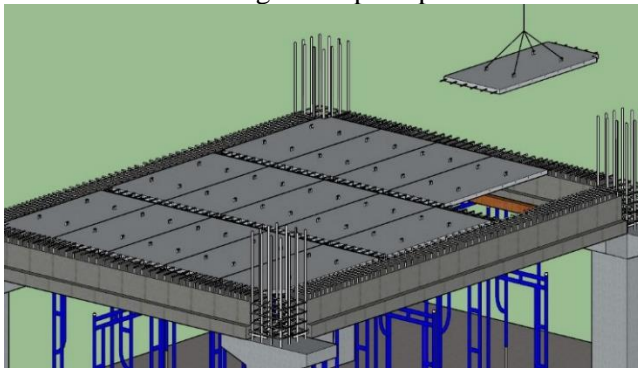
untuk mendukung beban yang bekerja di atasnya. Peletakan perancah untuk pelat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



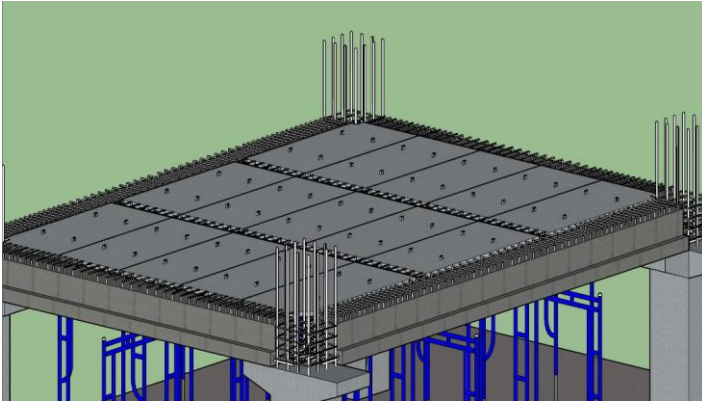
Gambar 9.11 Pemasangan Perancah Untuk Pelat

9.9 Pemasangan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak diletakkan di atas decking balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pada sambungan antar pelat menggunakan pelat baja yang ditanam dan sibambung diatas pelat pracetak



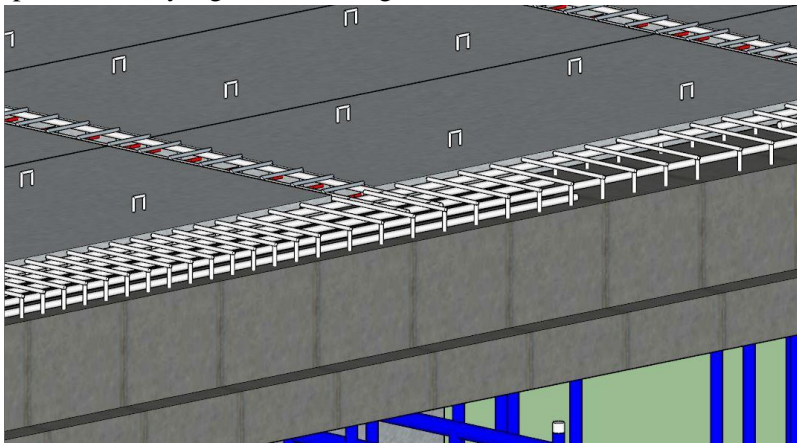
Gambar 9.12 Pengangkatan Pelat Pracetak



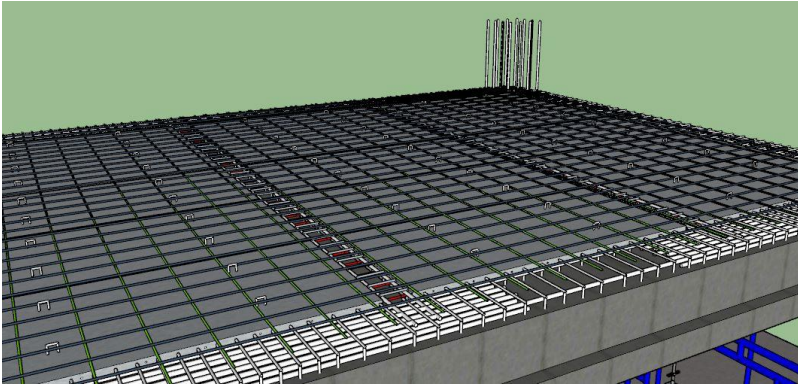
Gambar 9.13 Pemasangan Pelat Pracetak

9.10 Pemasangan Tulangan Atas Balok dan Tulangan Overtopping

Setelah elemen pracetak telah terpasang semua, selanjutnya dipasang tulangan atas balok dan tulangan overtopping pelat sesuai perencanaan yang telah dihitung.



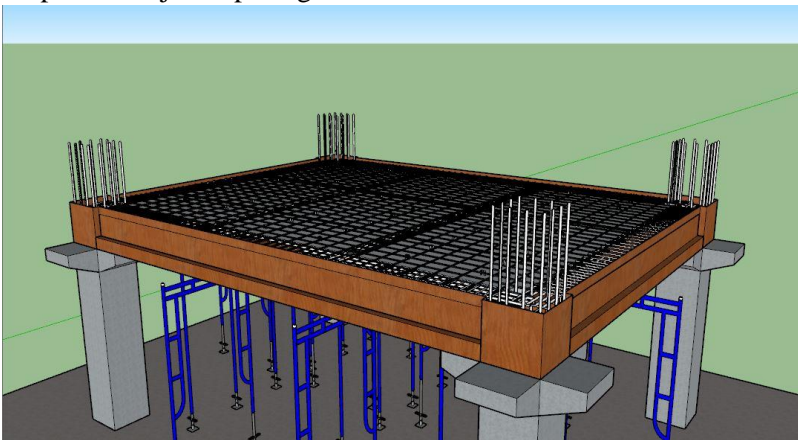
Gambar 9.14 Pemasangan Tulangan Atas Balok Induk dan Anak



Gambar 9.15 Pemasangan Tulangan Overtopping Pelat

9.11 Pemasangan Bekisting

Sebelum dilakukan pekerjaan cor overtopping, memasang bekisting untuk menahan beton basah agar pekerjaan lebih rapi. Seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini :

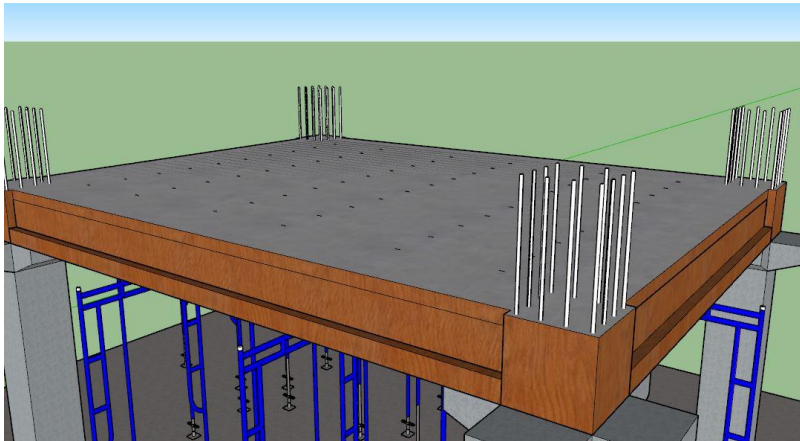


Gambar 9.16 Pemasangan Bekisting untuk Pekerjaan Overtopping

9.12 Pengecoran Overtopping

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, balok anak, dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk. Topping digunakan setinggi 5 cm.

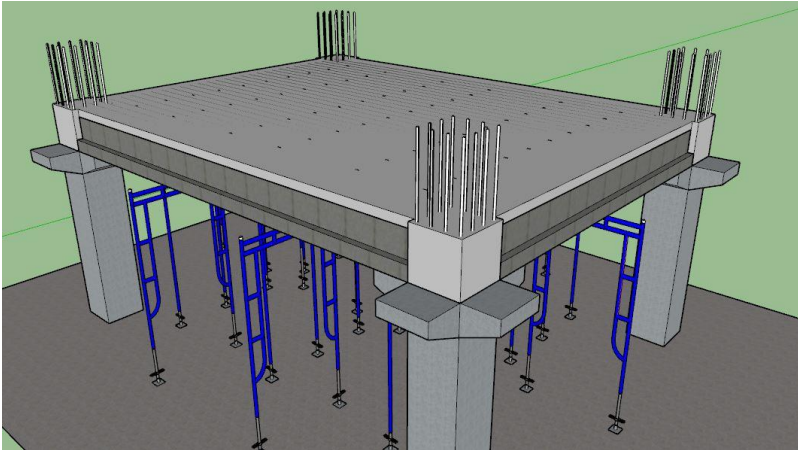
Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.



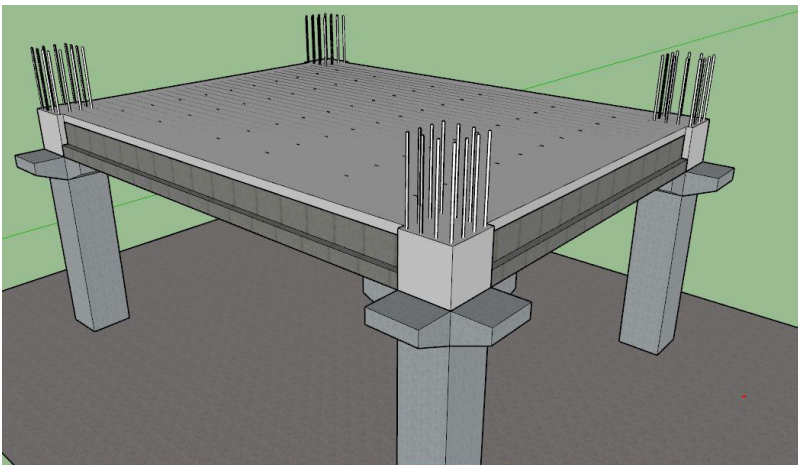
Gambar 9.17 Pengecoran Overtopping

9.13 Pelepasan Bekisiting

Setelah beton setting, perancah dan bekisting dapat dilepas. Kemudian pekerjaan dapat dilanjutkan pada lantai berikutnya



Gambar 9.18 Pelepasan Bekisting Overtopping



Gambar 9.19 Pekerjaan Beton Pracetak Selesai

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB X

KESIMPULAN

10.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan “Desain Modifikasi Struktur Gedung Hotel Namira Syariah 9 Lantai Di Surabaya Dengan Menggunakan Beton Pracetak” maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan sebagai berikut :

1. Bangunan Gedung Hotel Namira Syariah dibangun pada kondisi tanah dengan tipe SE (Tanah Lunak) dengan kategori resiko fungsi bangunan kategori II. Sehingga dapat disimpulkan bangunan tersebut termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D. Dengan pertimbangan tersebut, bangunan dihitung dengan persyaratan sistem struktur SRPMK.
2. Analisa Struktur
 - Periode
Periode terbesar yang didapat dari analisis SAP telah memenuhi batas atas periode yaitu :
$$T_{SAP} < T_{atas}$$
$$1,209 \text{ detik} < 1,853 \text{ detik}$$
 - Gaya Geser Dasar Gempa
Gempa X = 296776,23kg > 296775,41 kg
(Memenuhi)

 - Gempa Y = 296776,05 kg > 296775,41 kg
(Memenuhi)
 - Partisipasi Massa
partisipasi massa arah X sebesar 90% pada moda ke 32 dan partisipasi massa arah Y sebesar 90,45% pada moda ke 33. Maka disimpulkan bahwa analisis struktur yang dilakukan telah memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.91 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90%.

- *Drift*
Hasil simpangan lantai dan antar lantai pada arah sumbu X maupun Y sudah memenuhi syarat simpangan ijin sesuai SNI 1726-2012.

3. Hasil Perhitungan Struktur

A. Pelat

Tebal pelat pracetak = 8 cm

Tebal pelat overtopping = 5 cm

Tabel 10.1 Kesimpulan Penulangan Pelat

Tipe Pelat	Dimensi		Tulangan Terpasang			
	Lx (m)	Ly (m)	Tulangan Utama	Tulangan Bagi	Tulangan Angkat	Panjang penyaluran
P1-A	1.10	2.40	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-B	1.10	2.40	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-C	1.10	2.40	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P1-D	1.10	2.40	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P2-A	1.10	2.60	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm
P2-B	1.10	2.60	Ø10 -200	Ø10 -300	Ø10	150 mm

B. Balok Anak

Dimensi sebelum komposit : 30 x 37 cm

Dimensi setelah komposit : 30 x 50 cm

Tabel 10.2 Kesimpulan Penulangan Balok Anak

Tipe Balok	Dimensi			Ket.	Tulangan Lentur		Tulangan Geser	Tulangan Torsi
	b	h	Ln		Tumpuan	Lapangan		
	(mm)	(mm)	(m)					
BA-1	300	500	5.5	Atas	2 D 22	2 D 22	Ø12 - 150	2 Ø12
				Bawah	3 D 22	3 D 22		
BA-2	300	500	2,5	Atas	2 D 22	2 D 22	Ø12 - 150	2 Ø12
				Bawah	3 D 22	3 D 22		

C. Balok Induk

Dimensi sebelum komposit : 50 x 57 cm

Dimensi setelah komposit : 50 x 70 cm

Tabel 10.3 Kesimpulan Penulangan Balok Induk

Tipe Balok	Dimensi			Tulangan Lentur			Tulangan Geser		Tulangan Torsi	
	b	h	Ln	Lokasi	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Lokasi		Sengkang
	(mm)	(mm)	(mm)							
B1	500	700	7.3	Atas	8 D 25	2 D 25	8 D 25	Plastis	2 D 13 - 100 mm	2 D 13
				Bawah	4 D 25	4 D 25	4 D 25	Luar Plastis	2 D 13 - 150 mm	
B2	500	700	5.3	Atas	5 D 25	2 D 25	5 D 25	Plastis	2 D 13 - 100 mm	2 D 13
				Bawah	3 D 25	3 D 25	3 D 25	Luar Plastis	2 D 13 - 150 mm	
B3	500	700	2.3	Atas	6 D 25	2 D 25	6 D 25	Plastis	2 D 13 - 65 mm	2 D 13
				Bawah	5 D 25	3 D 25	5 D 25	Luar Plastis	2 D 13 - 100 mm	
B4	500	700	1.5	Atas	5 D 25	2 D 25	5 D 25	Plastis	2 D 13 - 95 mm	2 D 13
				Bawah	4 D 25	4 D 25	4 D 25	Luar Plastis	2 D 13 - 125 mm	
B5	500	700	2.5	Atas	5 D 25	2 D 25	5 D 25	Plastis	2 D 13 - 50 mm	2 D 13
				Bawah	4 D 25	4 D 25	4 D 25	Luar Plastis	2 D 13 - 80 mm	

D. Kolom

Dimensi = 700 x 700

Tulangan lentur = 12 D25

Tulangan confinement = 4 D13-100 disepanjang L_o

= 4 D13-150 disepanjang luar L_o

E. Sloof

Dimensi : 40 x 60

Tulangan lentur : Atas = 4 D22

Bawah = 4 D22

Tulangan Sengkang = 2D13 – 150 mm

F. Pondasi

Tabel 10.4 Kesimpulan Perencanaan Pondasi

Tipe Pondasi	Dimensi Pile Cap	Tebal Pile Cap	Diameter Tiang pancang	Jumlah Tiang Pancang	Tulangan Lentur Pile Cap	
					Arah X	Arah Y
P1	3,2 m x 3,2 m	1 m	40 cm	9	D25 - 150 mm	D25 - 150 mm
P2	3,2 m x 7,2 m	1 m	40 cm	21	D25 - 150 mm	D25 - 150 mm
P3	6,2 m x 9,2 m	1 m	40 cm	54	D25 - 150 mm	D25 - 150 mm

4. Sambungan

a. Balok induk dengan kolom

Menggunakan konsol pendek pada kolom 400×500 mm dipakai tulangan 3D25 ($A_s = 1472,62 \text{ mm}^2$). Dan dipasang sengkang 4D13, dipasang di sepanjang 200 mm

b. Balok induk dengan balok anak

Menggunakan balok induk T terbalik dengan sayap berukuran 100×200 mm dan dipakai tulangan pada sayap tersebut 2D25 ($A_s = 981,74 \text{ mm}^2$). Dan dipasang sengkang 2D13, dipasang di sepanjang $(2/3)d = (2/3)135 = 90$ mm

c. Pelat dengan Balok

Sambungan pelat dengan balok yaitu meletakkan pelat diatas decking balok sebesar 50 mm dan telah memenuhi persyaratan control retak

d. Pelat dengan Pelat

Direncanakan menggunakan *plate and bar diaphragm shear connection*

10.2 Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan antara lain :

1. Pekerjaan sambungan adalah pekerjaan paling krusial dalam perencanaan beton pracetak. Sehingga perlu pengawasan dengan baik supaya pekerjaan di lapangan sama dengan perencanaan yang dilakukan.
2. Inovasi berikutnya yang bisa dicoba adalah dengan menerapkan beton pracetak pada kolom, balok, dan pelat secara utuh dengan memperhatikan detail-detail sambungan.
3. Masih perlu pengembangan teknologi agar penggunaan pracetak lebih efisien dalam penggunaannya dan lebih mudah dalam pengaplikasiannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

BSN, Badan Standarisasi Nasional. (2012-1). *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang Untuk Bangunan Gedung (SNI 7833 – 2012)*. Jakarta.

BSN, Badan Standarisasi Nasional. (2012-2). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726 - 2012)*. Jakarta

BSN, Badan Standarisasi Nasional. (2013-1). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727 - 2013)*. Jakarta

BSN, Badan Standarisasi Nasional. (2013-2). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan (SNI 2847 - 2013)*. Jakarta

Ervianto, W. I. (2006). *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Cetak dan Bekisting*. Yogyakarta.

FIB *International Federation for Structural Concrete* (2008). *Structural Connections for Precast Concrete Buildings*. Switzerland.

Imran, I & Hendrik, F. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung. ITB

PCI (2010). *PCI Design Handbook Edition 7th Precast and Prestress Concrete*. Chicago, Illinois, USA.

Purwono, R. (2010). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya.

Wahyudi, H. (1999). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil, FTSP, ITS.

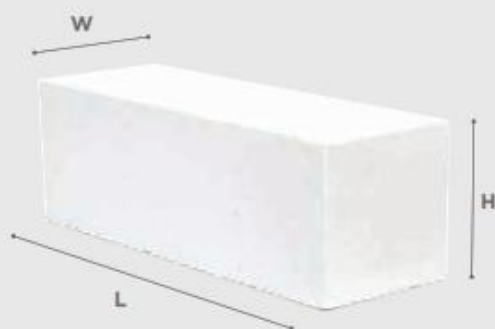
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1
(DATA TANAH)

LAMPIRAN 2
(MATERIAL YANG DIPAKAI)

RAGAM PRODUK POWERBLOCK®

BLOK UKURAN STANDARD



Panjang, L (mm) : 600	Berat Jenis Kering (kg/m ³) : 550 ±50
Tinggi, H (mm) : 200	Daya Tekan (N/mm ²)* : ≥ 4,00
Tebal, W (mm) : 75, 100, 125, 150, 200	Dimensi per Palet (meter) : 1,00 x 1,20

Keterangan : Berat Palet ukuran 1 x 1,2 meter = ± 23 kg

***Sesuai ketentuan metode uji laboratorium**

TEBAL	mm	75	100	125	150	200
Volume Blok	m ³	0,009	0,012	0,015	0,018	0,024
Volume / Palet	m ³	1,80	1,80	1,80	1,80	1,92
Jumlah Blok / Palet	Blok	200	150	120	100	80
Jumlah Blok / m ³	Blok	111,11	83,33	66,67	55,56	41,67
Berat per Palet (Tanpa Palet)	Kg	1125	1125	1125	1125	1120
Tinggi Kemasan (Termasuk Palet)	Mtr	1,62	1,62	1,62	1,62	1,72
Luas Dinding / m ³	m ²	13,33	10,00	8,00	6,67	5,00

Anchor rod HAS-E-F 8.8



Technical data

Material composition	Steel, 8.8 grade, hot-dip galvanized (min. 43 µm)
Material, corrosion	Steel, sherardized / hot-dip galvanized
Environmental conditions	Indoor, dry conditions, outdoor
PROFIS	Yes

Base materials

- Concrete (cracked)
- Concrete (uncracked)

Applications

- Anchor rod for use with HVU and HIT systems

Ordering designation	Anchor size	Drill bit diameter	Anchor length	Drilling depth	Max. future thickness of standard embedment depth	Sales pack quantity	Item number
HAS-E-F M27X240/60	M27	30 mm	340 mm	240 mm	60 mm	4	333104
HAS-E-F M30X270/70	M30	35 mm	380 mm	270 mm	70 mm	4	333105
HAS-E-F M33X300/80	M33	37 mm	420 mm	300 mm	80 mm	4	333106
HAS-E-F M36X330/90	M36	40 mm	460 mm	330 mm	90 mm	2	333107
HAS-E-F M39X360/100	M39	42 mm	510 mm	360 mm	100 mm	2	333108

Anchor rod HAS-E-R



Technical data

Material composition	Steel, A4 (SS316)
Material, corrosion	Steel, stainless
Environmental conditions	Covered by ground soil, outdoor, underwater, fresh water
PROFIS	Yes

Base materials

- Concrete (cracked)
- Concrete (uncracked)
- Masonry (solid)

Applications

- Anchor rod for use with HVU and HIT systems

Ordering designation	Anchor size	Drill bit diameter	Anchor length	Drilling depth	Max. future thickness of standard embedment depth	Sales pack quantity	Item number
HAS-E-R M8X90/14	M8	10 mm	110 mm	80 mm	14 mm	20	333119
HAS-E-R M10X90/21	M10	12 mm	130 mm	90 mm	21 mm	20	333122
HAS-E-R M12X110/28	M12	14 mm	160 mm	110 mm	28 mm	20	333126
HAS-E-R M12X110/88	M12	14 mm	220 mm	110 mm	88 mm	10	333127
HAS-E-R M16X125/38	M16	18 mm	190 mm	125 mm	38 mm	20	333131
HAS-E-R M16X125/108	M16	18 mm	260 mm	125 mm	108 mm	10	333132
HAS-E-R M20X170/48	M20	24 mm	240 mm	170 mm	48 mm	10	333135
HAS-E-R M20X170/108	M20	24 mm	300 mm	170 mm	108 mm	10	333136
HAS-E-R M24X210/54	M24	28 mm	290 mm	210 mm	54 mm	10	333137
HAS-E-R M27X240/60	M27	30 mm	340 mm	240 mm	60 mm	4	333138
HAS-E-R M30X270/70	M30	35 mm	380 mm	270 mm	70 mm	4	333139
HAS-E-R M33X300/80	M33	37 mm	420 mm	300 mm	80 mm	4	333140
HAS-E-R M36X330/90	M36	40 mm	460 mm	330 mm	90 mm	2	333141
HAS-E-R M39X360/100	M39	42 mm	510 mm	360 mm	100 mm	2	333142

SPECIFICATION

Bruce Hammer Series	SGH	0212	0312	0412	0512	0712	0715	1012	1015	1212	1215	1312	1315	1412	1415
---------------------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

◆ Model Name Meaning : ex) SGH-3012 30 : Ram Weight, 12 : 1.2m Stroke

OPERATING DATA

Bruce Hammer Series	SGH	0212	0312	0412	0512	0712	0715	1012	1015	1212	1215	1312	1315	1412	1415
Ram Weight	(ton)	2	3	4	5	7	7	10	10	12	12	13	13	14	14
	(lbs)	4409	6614	8819	11023	15432	15432	22046	22046	26455	26455	28659	28659	30865	30865
Minimum Stroke	(mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
	(inch)	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87	7.87
Maximum Stroke	(mm)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	(ft)	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92	3.94	4.92
Max. Potential Energy	(ton.m)	2.4	3.6	4.8	6.0	6.4	10.5	12.0	15.0	14.4	16	15.6	19.5	16.8	21.0
	(lb.ft)	17359	26038	34718	43397	60756	75946	86794	108514	104153	115748	112635	141045	121511	151893
	(k.j)	24	35.3	47.1	59	83	103	118	147	141	157	153	191	165	206
Blow Rate at Max. stroke	(bpm)	40	40	40	40	40	38	38	35	38	38	35	35	36	35
Operating Pressure	(bar)	230	230	230	230	230	230	250	250	250	250	250	250	250	250
	(psi)	3337	3337	3337	3337	3337	3337	3627	3627	3627	3627	3627	3627	3627	3627
Required Flow Rate	(lpm)	100	100	123	190	190	230	260	296	320	370	320	370	320	370
	(gpm)	26	26	33	50	50	61	69	78	85	98	85	98	85	98

DIMENSIONS

Overall Length (L) *1	(mm)	4675	5060	5440	5482	5712	6312	5910	6510	7000	7600	8780	9380	6596	7195
	(ft)	15.3	16.6	17.9	18.0	18.7	20.7	19.4	21.4	23.0	25.0	28.9	30.8	21.6	23.6
Overall Width (W)	(mm)	908	1195	1195	1307	1307	1307	1250	1250	1250	1250	1470	1470	1470	1470
	(ft)	3.0	3.9	3.9	4.3	4.3	4.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.8	4.8	4.8	4.8
Overall Height (H)	(mm)	249	1016	1016	1125	1157	1157	1280	1280	1280	1280	1610	1610	1610	1610
	(ft)	4.1	3.3	3.3	3.7	3.8	3.8	4.2	4.2	4.2	4.2	5.3	5.3	5.3	5.3

FIXED LEADER GUIDE & LEADS

Leader Guide (Round Type)	(mm)	330 x ϕ 70					600 x ϕ 101.6								
Leader Guide (Square Type)	(mm)	\square 80 x 400			\square 100 x 600					\square 120 x 720					
U Type Leads	(inch)	27	27	27	33	33	33	50	50	50	57	57	57	57	57

*1. The overall length of hammer is not included the length of pile skirt or pile cap.

*2. Others shape or dimension can be modified upon request. Long Pile Skirt Type and Offshore Leader Type for crane suspended are available.

WEIGHTS

Weight with Drive Cap	(kg)	4300	5600	7000	9500	13000	13500	18500	17000	18600	19210	22000	22500	24500	25000
	(lbs)	9460	12346	15432	20944	28660	29762	36376	37479	41006	41003	48502	49604	54013	55116
Suitable Power Pack Series	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ	PQ
	-150	-150	-150	-200	-200	-200	-250	-250	-250	-250	-300	-250	-300	-250	-300

• The dimensions and weights are referred to fixed leader type or short skirt type for model range from SGH-0212 to SGH-3015.

• The dimensions and weights are referred to long skirt type for model range from SGH-3512 to SGH-8015.

• The others ram weight and energy required can be supplied upon request.

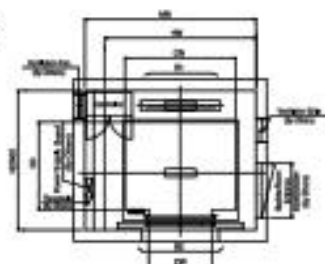
• We reserve the right to make modifications of spec without prior notice.



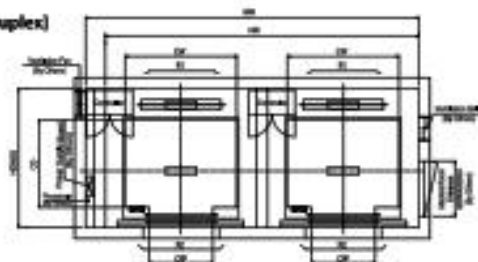
Technical Data

I Hoistway & Machine Room Plan

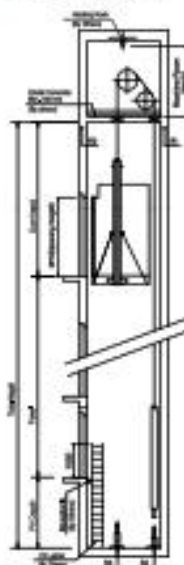
[Simplex]



[Duplex]



I Hoistway Section



I Overhead, Pit & Machine Room Height

Application Elevation (CODE)	Speed [m/s]	Load [kg]	Turret [mm]	Overhead [mm]	Pit Depth [mm]	Machine Room HT	Required Peak Strength [kg]
Standard /EM	1	450-1000	Turret100	4300	1400	2300	3800
		1250	Turret100	4300			4500
		1150/1800	88-Turret180	4650			3800
	1.5	450-1000	Turret100	4400	1450	2300	3800
		1250	Turret100	4400			4500
		1150/1800	88-Turret180	4750			3800
	1.75	450-1000	Turret100	4500	1600	2300	3800
		1250	Turret100	4500			4500
		1150/1800	88-Turret180	4850			3800
MS2021	1	410-1025	Turret100	4300	1400	2400	3800
		1365	Turret100	4300			4500
		1100/1365	88-Turret180	4650			3800
	1.5	410-1025	Turret100	4400	1450	2400	3800
		1365	Turret100	4400			4500
		1100/1365	88-Turret180	4750			3800
	1.75	410-1025	Turret100	4500	1600	2400	3800
		1365	Turret100	4500			4500
		1100/1365	88-Turret180	4850			3800
Standard /EM	3	800-1800	Turret130	5100	1900	2300	4800
	2.5			5800	2200		

Technical Data

I Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

Unit : mm

Speed (m/s)	Capacity		Opening Width (mm)	Car Size		Hallway Size				Machine Room Size				Reaction Load			
						Singlex		Duplex		Singlex		Duplex		Machine Room		Fit	
	Person	Load(kg)		CW	CD	HW	HD	HW	HD	MW	MD	HW	MD	R1	R2	R3	R4
1.0	6	418	908	1480	850	1808	1508	3758	1580	1680	1508	3750	1580	3680	3080	3808	3158
	8	558	808	1480	1830	1808	1708	3758	1780	1680	1708	3750	1780	4050	2580	4058	3358
	9	808	808	1480	1130	1808	1758	3758	1790	1680	1758	3750	1790	4180	2580	4308	3658
	10	888	808	1480	1250	1808	1908	3758	1880	1680	1908	3750	1980	4280	2850	5808	3658
	11	758	808	1480	1250	1808	2008	3758	2080	1680	2008	3750	2080	4550	2980	5208	3758
	13	908	908	1680	1350	2008	2008	4158	2080	2080	2008	4108	2080	5180	3880	6308	4908
	15	1008	908	1680	1500	2008	2158	4158	2190	2080	2158	4108	2150	5450	4308	6808	4708
	17	1158		1880	1680	1500	2358	4858	2280	2358	2308	4850	2280	8080	5280	9958	7158
20	1358		1880	1680	1700	2358	2408	4858	2480	2358	2408	4850	2480	8080	6080	18208	7508
			1180	2080	1800	2558	2308	5258	2280	2358	2308	5250	2280				
24	1688		2080	1750	2558	2458	5258	2450	2358	2458	5250	2450	10280	7880	18958	8708	
			1150	1800	2798	2308	5558	2380	2798	2308	5550	2380					

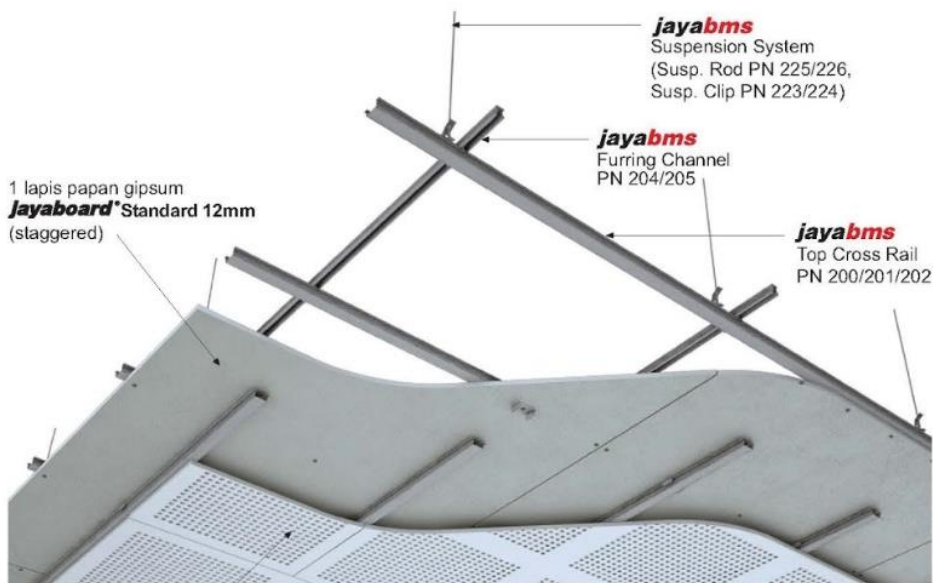
[EN Code]

1.0	6	418	908	1190	1830	1808	1708	3758	1780	1680	1708	3750	1780	3680	3080	3808	3158	
	7	525	808	1480	1830	1808	1708	3758	1780	1680	1708	3750	1780	4050	2580	4058	3358	
	8	608	808	1480	1100	1808	1758	3758	1790	1680	1758	3750	1790	4180	2580	4308	3658	
	9	808	808	1480	1290	1808	1908	3758	1880	1680	1908	3750	1980	4280	2850	5808	3658	
	10	808	808	1480	1250	1808	2008	3758	2080	1680	2008	3750	2080	4550	2980	5208	3758	
	12	908	908	1680	1250	2008	2008	4158	2080	2080	2008	4108	2080	5180	3880	6308	4908	
	15	1008	908	1680	1500	2008	2158	4158	2190	2080	2158	4108	2150	5450	4308	6808	4708	
	16	1158		1880	1680	1900	2358	2308	4858	2280	2358	2308	4850	2280	8080	5280	9958	7158
				1180	2080	1800	2558	2308	5258	2280	2358	2308	5250	2280				
	18	1358		1880	1680	1700	2358	2408	4858	2480	2358	2408	4850	2480	8080	6080	18208	7508
				1180	2080	1900	2558	2308	5258	2280	2358	2308	5250	2280				
21	1688		2080	1750	2558	2458	5258	2450	2358	2458	5250	2450	10280	7880	18958	8708		
			1150	1800	2798	2308	5558	2380	2798	2308	5550	2380						

[Malaysia]

1.0	6	418	908	1480	850	1808	1508	3758	1580	1680	1508	3750	1580	3680	3080	3808	3158	
	8	545	808	1480	1830	1808	1708	3758	1780	1680	1708	3750	1780	4050	2580	4058	3358	
	9	815	808	1480	1130	1808	1808	3758	1880	1680	1808	3750	1880	4180	2580	4308	3658	
	10	888	808	1480	1250	1808	1908	3758	1880	1680	1908	3750	1980	4280	2850	5808	3658	
	11	758	808	1480	1250	1808	2008	3758	2080	1680	2008	3750	2080	4550	2980	5208	3758	
	12	885	908	1680	1350	2008	2008	4158	2080	2080	2008	4108	2080	5180	3880	6308	4908	
	15	1029	908	1680	1500	2008	2208	4158	2280	2080	2208	4108	2280	5450	4308	6808	4708	
	17	1188		1880	1680	1900	2358	2308	4858	2280	2358	2308	4850	2280	8080	5280	9958	7158
				1180	2080	1800	2558	2358	5258	2290	2358	2358	5250	2290	8080	6080	18208	7508
	24	1639		2080	1800	2558	2358	5258	2290	2358	2358	5250	2290	10280	7880	18958	8708	
				1150	1800	2798	2308	5558	2380	2798	2308	5550	2380					

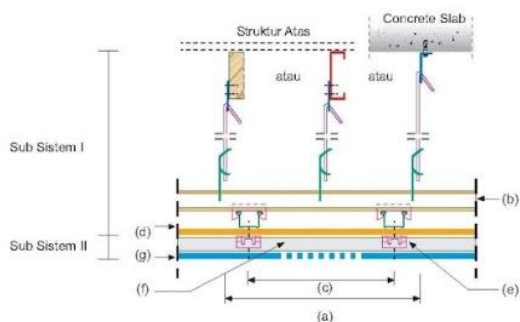
CS19 - Sistem Plafon Rangka Metal Akustik



1 lapis papan gipsum **Jayabell**

DETAIL & DATA FISIK

1 lapis papan gipsum **Jayaboard** Standard 12mm dan **Jayabell** 12mm diaplikasikan *suspended* dalam 2 sub sistem.



Sistem	Material		Jarak Rangka (mm)
Sub Sistem Pertama	Suspension Clip PN 223/224	a	1200
	Top Cross Rail PN 200/201/202	b	1200
	Furring Channel PN 204/205	c	600
	1 lapis Jayaboard Standard 12mm	d	-
Sub Sistem Pertama	Direct Fixed Clip PN 219	e	1200
	Furring Channel PN 204/205	f	600
	1 lapis Jayabell 12mm	g	-

Catatan :

- Pemasangan papan gipsum saling-silang
- Design Pressure 0 Pa, Deflection span/360
- Jayabell tipe R15 No.1, tanpa tambahan insulasi
- Untuk detail produk, lihat brosur produk Jayaboard



PERFORMA AKUSTIK
NRC 0.5*



BERAT SISTEM
18.5 Kg/m²

Perekat Keramik Dinding

Kegunaan

Adukan semen instan sebagai perekat untuk pekerjaan pemasangan keramik, marmer, granit atau batu alam lainnya pada dinding.

Standar Acuan Produk

- BSEN 1348 : 1999
- BSEN 1346 : 1999

Dasar Permukaan

- Permukaan pasangan bata merah & bata ringan (MU-300, MU-301 & MU-380)
- Permukaan plesteran (MU-100 atau MU-301)
- Permukaan acian
- Permukaan beton

Keunggulan

- Lengket & plastis saat diaplikasi
- Adukan tidak cepat mengering saat diaplikasi
- Open time \pm 10 - 20 menit, tergantung keadaan cuaca
- Keramik dinding tidak merosot kebawah (saging) saat dipasang
- Tahan terhadap susut - muai
- Pasangan keramik melekat dengan kuat & tidak mudah lepas
- Dapat langsung dikerjakan tanpa pengetrikan (chipping) permukaan dinding
- Dapat juga digunakan sebagai perekat keramik lantai

Cara pemakaian

- **Alat Kerja** : Roskam bergigi

- **Persiapan** :

- Siapkan tempat kerja & permukaan yang akan dipasang keramik. Sebaiknya keramik dipasang pada dasar yang telah cukup stabil & rata (pemakaian bahan adukan akan lebih boros pada dasar permukaan dinding bata yang tidak diplesir)
- Gunakan campuran MU-L500 (Larutan Kedap Air) bila menginginkan dinding keramik yang lebih kedap air.
- Pasang petunjuk-petunjuk yang cukup untuk kekerataan, kelurusan & kemudahan pekerjaan pemasangan
- Bersihkan dasar permukaan tersebut dari serpihan, kotoran & minyak, kemudian basahi dengan air.
- Keramik yang hendak dipasang sebaiknya juga di basahi terlebih dulu dengan air

- **Pengadukan** :

- Masukkan adukan kering MU-400 kedalam bak adukan
- Tuang air sebanyak 6,5 - 7,0 liter untuk tiap kantong MU-400 (25 kg)
- Aduk campuran di atas hingga rata

- **Aplikasi** :

- Pemasangan keramik dinding dilakukan secara manual dengan roskam bergigi sebagaimana umumnya.
- Tebal adukan perekat yang di anjurkan adalah 3 - 5 mm.

Data Teknik

- Warna : Abu-abu
- Perekat : Semen Portland
- Agregat : Pasir silika halus
- Bahan pengisi (filler) : Guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan.
- Bahan tambah (additive) : Bahan larut air guna meningkatkan kelekakan (konsistensi), daya rekat & kekuatan
- Kepadatan : Kering = 1,6 kg/liter
Basah = 1,85 kg/liter
- Tebal aplikasi : 3 - 5 mm, tergantung kerataan dasar permukaan, jenis dan bahan pasangan & ukurannya.
- Kebutuhan air : 6,5 - 7,0 liter / sak 25 kg
- Open time : \pm 20 menit, tergantung kondisi cuaca
- Tersile adhesion bond strength
BSEN 1348 : 1999 : $>$ 0,8 N/mm²

Daya sebar (coverage)

\pm 5 m² / sak 25 kg / 3 mm

Kemasan

Kantong kertas (sak) berisi 40 kg

Masa Kadaluwarsa

12 bulan bila disimpan dalam kantong tertutup dalam ruangan yang selalu kering.

Penyimpanan

Simpan di dalam ruangan & jaga agar selalu dalam keadaan kering. Hindari tumpukan yang berlebihan

SIKA JOINT SEALING SOLUTIONS FOR LONG-LASTING TIGHT JOINTS

Sika provides a full range of elastic joint sealants and accessories for your construction with the following main advantages:

- Long-term elasticity to accommodate joint movements
- Good and durable adhesion to common construction materials to ensure durable tightness
- Perfect handling for efficient, reliable and attractive joint sealant application
- Visual appearance that meets the demands of architects and owners
- Excellent mechanical properties, chemical resistance and weatherability ensuring sustainable performance even under most adverse conditions and loads
- Technical support and training for architects, specifiers and applicators
- Many approvals, external testing and best references
- Global supply chain

Sika offers sealant solutions for a great variety of applications:

- Building envelope joints like precast concrete facades, glass and metal facades, natural stone facades and joints in exterior insulation and finishing systems (EIFS) for wall claddings
- Civil engineering joints in containment bunds of fuel stations, water and sewage treatment plants and swimming pools
- Interior finishing joints in bathrooms and kitchens
- Floor joints
- Roof and flashing joints

As a market leader in construction chemicals Sika offers comprehensive and compatible solutions from "roof to basement" for all types of buildings and civil engineering structures.

Sika has a long history in construction joint sealing. All Sika products are the fruit of many years of experience, outstanding R&D capabilities, continuous adaptation and improvement to modern construction materials and practices and state of the art production sites. As we are globally present, we can respond to your needs and local requirements wherever you are realizing projects.

Using Sika products is a decision for competence, performance, security and a reliable partner. Specify Sika products for all your construction and have one partner, one solution and one guarantee! Incompatibility between the different systems is an unnecessary risk that can be avoided.

Sika sealants makes construction joints sustainably air and water tight. The best performance for your application is the key issue: therefore Sika produces high quality products in all major technologies.

SIKA RECOMMENDS:

- SikaHyflex® and Sikaflex® for building envelope:
 - For non-porous substrates like metal and glass, choose Sika's innovative silicone range.
 - For porous substrates like concrete, bricks and masonry, choose Sika's advanced polyurethane sealants.
 - For applications where a wide adhesion range is required like for window installations, the unique silane-modified polymer sealants are best suitable.
- Sikaflex® and Sikasil® for civil engineering
- Sikaflex®, SikaSeal® and Sikacryl® for interior finishing



Additionally, Sika offers complementary products such as primers and cleaning agents to complete the sealants range.

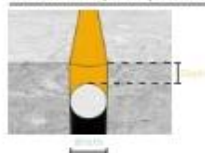
JOINT DIMENSIONING

The design of a sealing system involves more than just the selection of a sealant with suitable physical and chemical resistance. In order to obtain optimal long-term performance the following considerations are essential as well:

- Proper joint design, including correct dimensioning and back-up material selection
- Type and nature of substrates
- Application process and ambient conditions at the time of the installation

GENERAL RULES FOR JOINT DESIGN

Movement capability of the sealant and joint width must fit to the expected movement of the adjacent building elements.



Joint width: Must be designed according to the sealant's movement capability

Sealant dimensions: The optimal ratio of sealant width to depth is 2:1 for facade joints and 1.0:0.8 for floor joints

Joint depth: A joint must have sufficient depth so that backer rod and sealant fit inside.



Spacing between joints: In the following tables an example for joint dimensions for concrete elements and a sealant with 25% movement capability are given.

Facade joints			Interior Floor joints			Exterior Floor joints		
Joint spacing (m)	Minim. joint width (mm)	Sealant depth (mm)	Joint spacing (m)	Minim. joint width (mm)	Sealant depth (mm)	Joint spacing (m)	Minim. joint width (mm)	Sealant depth (mm)
2	15	8	2	10	12	2	12	10
4	20	10	3	10	12	3	12	10
6	25	12	4	10	12	4	15	12
8	30	15	5	10	12	5	18	15
10	35	18	6	10	12	6	20	17
			8	10	12	8	30	25



Cohesive failure



Correct use

The sealant must be capable of extending and contracting along with the building elements to which it is joined. If this is not possible the consequence may be adhesive and/or cohesive failure.

■ The sealant depth defines the stress at the sealant/substrate interface. If the sealant depth is too large this will lead to severe stress on the interface at low temperatures and finally adhesion failure.

■ 3-side adhesion must be avoided. Any other adhesion than to the joint flanks leads to massive reduction of the elasticity and movement capability of the sealant and consequently to failure of the sealant.

The correct use of backing material can avoid these problems. The backer rod defines the joint depth and avoids 3-side adhesion.



Recessed floor joint



Flush floor joint

FLOOR JOINT DESIGN

Depending on the location and expected loads of a floor joint special design considerations for floor joints are necessary. Generally high modulus sealants are recommended for floor joint applications.

Joints in areas with a lot of car and/or equipment traffic should be recessed to reduce mechanical loads.

Joints in pedestrian areas should be flush with the surface to prevent tripping hazard. The sealant must also have a certain hardness and indentation resistance due to high mechanical impacts from narrow heels.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength (f_c) = 52 MPa (Cube 400 Ag/100mm³)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Gross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack [†] (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	32.60	23.11	6-12
						3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
						3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
						4.00	8.00	85.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.79	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.79	6-13
						4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
						5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
						6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
						6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
						7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
						9.00	18.00	111.50	90.94	6-17
450	80	923.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.20	6-14
						8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
						10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
						11.00	19.00	139.10	78.84	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
						12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
						14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
						15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
600	100	1,570.00	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
						19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
						22.00	33.00	243.20	106.94	6-18
						25.00	45.00	238.30	131.50	6-19
800	120	2,583.54	1,527,869.60	941	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
						46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
						51.00	78.50	399.17	171.18	6-22
						55.00	99.00	389.61	215.80	6-23
1000	140	3,782.48	3,599,573.20	946	A2	65.00	150.00	368.17	290.82	6-24
						75.00	172.50	613.52	169.81	6-22
						82.00	173.90	607.27	215.16	6-23
						93.00	199.50	589.66	258.19	6-24
1200	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
						120.00	240.00	555.23	388.70	6-24
						130.00	180.00	852.80	271.30	6-24
						145.00	217.50	794.50	252.70	6-24
1200	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
						170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
						200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

Note : [†] Crack Moment Based on IS A 3325-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

** Length of pile may exceed usual standard whenever fitted in certain position

*** Type of Shoe for Bottom Pile is Herring Shoe

1.1. SPECIFICATIONS

1.1.1. CRANE 18 t

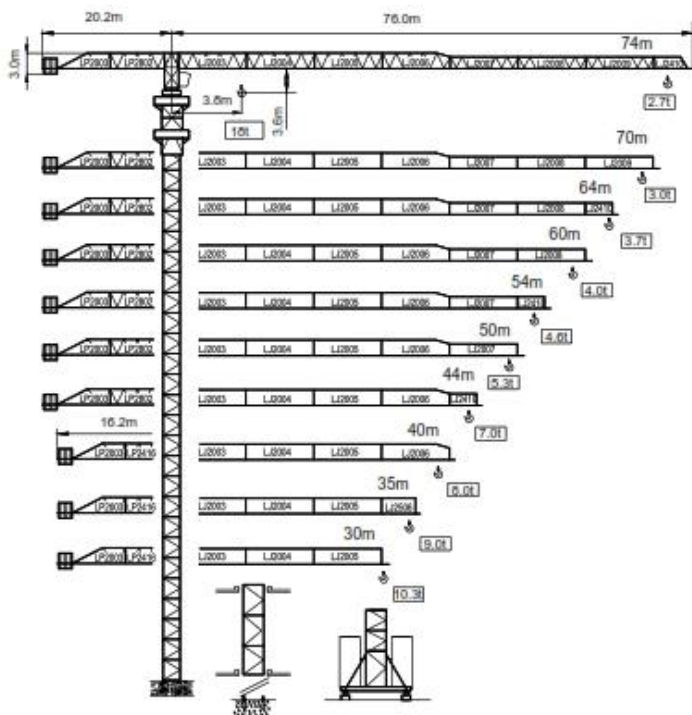


Fig. 1.1.1-1

NOTE:

The mast sections are also available in 5500-mm or standard 3000-mm lengths



LAMPIRAN 3.A
(TABEL PERHITUNGAN JOINT MASS)

Tabel Joint Mass Lantai 1

As	Lantai	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m	
			t (m)	p (m)	L (m)							
1-A & 1-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3507.21	9.8	357.88	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93				
		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.35	3.4	550	1	1220.18				
1-A & 1-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33				
1-A & 1-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33				
2-A & 2-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	2.263	1.35	479	0.3	438.91	2524.23	9.8	257.57	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Dinding x + y	0.15	2.85	3.4	550	1	799.43				
3-A & 3-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	2.263	1.35	479	0.3	438.91	2524.23	9.8	257.57	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Dinding x + y	0.15	2.85	3.4	550	1	799.43				
3-A & 3-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33				
3-A & 3-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	5232.69	9.8	533.95	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.4	550	1	743.33				
4-A & 4-E	Lantai 1	Beban hidup :	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3507.21	9.8	357.88	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93						

4-B & 4-D	Lantai 1	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20	6257.07	9.8	638.48
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00			
1-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00					
- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00					
1'-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00					
1"-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00					
2-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	479	0.3	426.79	1677.16	9.8	171.14
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80					
3-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	479	0.3	426.79	1677.16	9.8	171.14
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80					
3'-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00					
3"-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15					

		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
4-C	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6257.07	9.8	638.48	
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20				
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50				
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05				
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85				
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00				
		- Dinding x + y	0.15	6	3.4	550	1	1683.00				
2-A' & 2-D'	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3195.11	9.8	326.03	
			1	1.5	0.738	479	0.3	158.97				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
			1	1.5	0.738	5	1	5.53				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.5	0.738	20.5	1	22.68				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
		3-A' & 3-D'	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479				0.3
	1			1.5	0.738	479	0.3	158.97				
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60				
	0.13			1.5	0.738	2400	1	345.15				
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25				
	1			1.5	0.738	5	1	5.53				
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03				
	1			1.5	0.738	20.5	1	22.68				
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18				
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00				
2-B' & 2-C'	Lantai 1			<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	4034.21	9.8
			1	1.9	1.5	479	0.3	409.55				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
			1	1.9	1.5	5	1	14.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.9	1.5	20.5	1	58.43				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
		3-B' & 3-C'	Lantai 1	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99		
	1			1.9	1.5	479	0.3	409.55				
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60				
	0.13			1.9	1.5	2400	1	889.20				
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25				
	1			1.9	1.5	5	1	14.25				
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03				
	1			1.9	1.5	20.5	1	58.43				
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18				
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00				

1'-B	Lantai 2	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	8978.73	9.8	916.20
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
1"-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
2-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	479	0.3	1080.17	4244.78	9.8	433.14
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
		- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58			
		- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10			
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
3-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	1.9	479	0.3	778.14	3619.11	9.8	369.30
		<u>Beban mati :</u>	1	1.5	0.738	479	0.3	158.97			
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	1.9	2400	1	1689.48			
		- Spesi	0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15			
		- Keramik	1	2.85	1.9	5	1	27.08			
		- Plafond + pengg	1	1.5	0.738	5	1	5.53			
3'-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	4489.37	9.8	458.10
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
3"-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	4489.37	9.8	458.10
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
4-B	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42	4633.37	9.8	472.79
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75			
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98			
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
1-C	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	6554.07	9.8	668.78
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			

1'-D	Lantai 2	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	8978.73	9.8	916.20
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
1"-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
2-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	479	0.3	1080.17	4244.78	9.8	433.14
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
		- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58			
		- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10			
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
3-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	479	0.3	1080.17	4244.78	9.8	433.14
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
		- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58			
		- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10			
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
3'-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
3"-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	479	0.3	2284.83	8978.73	9.8	916.20
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
4-D	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	479	0.3	1163.97	5960.07	9.8	608.17
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
1-E	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99	3722.54	9.8	379.85
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25			
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03			
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93			
	Lantai 2	- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25	3722.54	9.8	379.85
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00			
	Lantai 2	- Dinding x + y	0.15	4.35	4	550	1	1435.50	3722.54	9.8	379.85
		<u>Beban hidup :</u>	1	3	2.65	479	0.3	1142.42			
	Lantai 2	<u>Beban mati :</u>							3722.54	9.8	379.85
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40			
	Lantai 2	- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75	3722.54	9.8	379.85

		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
3-A'	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	0	0	479	0.3	0.00				
			1	1.5	0.738	479	0.3	158.97				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	0	0	2400	1	0.00				
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00		1246.25	9.8	127.17
			1	1.5	0.738	5	1	5.53				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
			1	1.5	0.738	20.5	1	22.68				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
3-D'	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99				
			1	1.5	0.738	479	0.3	158.97				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25		3195.11	9.8	326.03
			1	1.5	0.738	5	1	5.53				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.5	0.738	20.5	1	22.68				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
2-B' & 2-C'	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99				
			1	1.9	1.5	479	0.3	409.55				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25		4034.21	9.8	411.65
			1	1.9	1.5	5	1	14.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.9	1.5	20.5	1	58.43				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
3-B' & 3-C'	Lantai 2	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	479	0.3	581.99				
			1	1.9	1.5	479	0.3	409.55				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25		4034.21	9.8	411.65
			1	1.9	1.5	5	1	14.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.9	1.5	20.5	1	58.43				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				

Tabel Joint Mass Lantai 3

As	Lantai	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m	
			t (m)	p (m)	L (m)							
1-A & 1-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3337.94	9.8	340.61	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93				
		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.35	3.9	550	1	1399.61				
1-A & 1-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4657.51	9.8	475.26	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.9	550	1	852.64				
1-A & 1-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4657.51	9.8	475.26	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.9	550	1	852.64				
2-A & 2-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	2.263	1.35	192	0.3	175.93	2378.81	9.8	242.74	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Dinding x + y	0.15	2.85	3.9	550	1	916.99				
3-A & 3-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	2.263	1.35	192	0.3	175.93	2378.81	9.8	242.74	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Dinding x + y	0.15	2.85	3.9	550	1	916.99				
3-A & 3-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4657.51	9.8	475.26	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.9	550	1	852.64				
3-A & 3-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4657.51	9.8	475.26	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	3.9	550	1	852.64				
4-A & 4-E	Lantai 3	Beban hidup :	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3337.94	9.8	340.61	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93						

		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.35	3.9	550	1	1399.61				
1-B & 1-D	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56	5807.16	9.8	592.57	
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20				
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50				
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05				
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85				
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00				
		- Dinding x + y	0.15	6	3.9	550	1	1930.50				
1-B & 1-D	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84	7609.74	9.8	776.50	
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50				
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95				
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
		1-B & 1-D	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192				0.3
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			6	2.65	2400	1	4960.80				
- Spesi	1			6	2.65	5	1	79.50				
- Keramik	1			6	2.65	20.5	1	325.95				
- Plafond + pengg	1			6	2.65	18.5	1	294.15				
- Plumbing	1			6	2.65	25	1	397.50				
- Inst. Listrik, AC	1			6	2.65	40	1	636.00				
2-B & 2-D	Lantai 3			<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	192	0.3	432.97	3597.58	9.8
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27				
		- Spesi	1	2.85	2.638	5	1	37.58				
		- Keramik	1	2.85	2.638	20.5	1	154.10				
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06				
		- Plumbing	1	2.85	2.638	25	1	187.92				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.85	2.638	40	1	300.68				
		3-B & 3-D	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	192	0.3	432.97		
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			2.85	2.638	2400	1	2345.27				
- Spesi	1			2.85	2.638	5	1	37.58				
- Keramik	1			2.85	2.638	20.5	1	154.10				
- Plafond + pengg	1			2.85	2.638	18.5	1	139.06				
- Plumbing	1			2.85	2.638	25	1	187.92				
- Inst. Listrik, AC	1			2.85	2.638	40	1	300.68				
3-B & 3-D	Lantai 3			<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84	7609.74	9.8
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50				
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95				
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
		3-B & 3-D	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84		
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			6	2.65	2400	1	4960.80				
- Spesi	1			6	2.65	5	1	79.50				
- Keramik	1			6	2.65	20.5	1	325.95				
- Plafond + pengg	1			6	2.65	18.5	1	294.15				
- Plumbing	1			6	2.65	25	1	397.50				
- Inst. Listrik, AC	1			6	2.65	40	1	636.00				
3-B & 3-D	Lantai 3			<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56		
		<u>Beban mati :</u>										

4-B & 4-D	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20	5807.16	9.8	592.57
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Dinding x + y	0.15	6	3.9	550	1	1930.50			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56			
<u>Beban mati :</u>											
1-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20	5807.16	9.8	592.57
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Dinding x + y	0.15	6	3.9	550	1	1930.50			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56			
<u>Beban mati :</u>											
1-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
1-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
2-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64	1421.44	9.8	145.05
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	192	0.3	171.07			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64	1421.44	9.8	145.05
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	192	0.3	171.07			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 3	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			

		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
4-C	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56	5807.16	9.8	592.57	
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20				
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50				
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05				
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85				
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00				
		- Dinding x + y	0.15	6	3.9	550	1	1930.50				
2-A' & 2-D'	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28	2751.16	9.8	280.73	
			1	1.5	0.738	192	0.3	63.72				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
			1	1.5	0.738	5	1	5.53				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.5	0.738	20.5	1	22.68				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
		3-A' & 3-D'	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192				0.3
	1			1.5	0.738	192	0.3	63.72				
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60				
	0.13			1.5	0.738	2400	1	345.15				
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25				
	1			1.5	0.738	5	1	5.53				
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03				
	1			1.5	0.738	20.5	1	22.68				
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18				
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00				
2-B' & 2-C'	Lantai 3			<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3440.12	9.8
			1	1.9	1.5	192	0.3	164.16				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
			1	1.9	1.5	5	1	14.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
			1	1.9	1.5	20.5	1	58.43				
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18				
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00				
		3-B' & 3-C'	Lantai 3	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28		
	1			1.9	1.5	192	0.3	164.16				
<u>Beban mati :</u>												
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60				
	0.13			1.9	1.5	2400	1	889.20				
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25				
	1			1.9	1.5	5	1	14.25				
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03				
	1			1.9	1.5	20.5	1	58.43				
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18				
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75				
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00				

Tabel Joint Mass Lantai 4-9

As	Lantai	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m	
			t (m)	p (m)	L (m)							
1-A & 1-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3302.06	9.8	336.94	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93				
		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00				
- Dinding x + y	0.15	4.35	3.8	550	1	1363.73						
1-A & 1-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4635.65	9.8	473.03	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
- Dinding x + y	0.15	2.65	3.8	550	1	830.78						
1-A & 1-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4635.65	9.8	473.03	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
- Dinding x + y	0.15	2.65	3.8	550	1	830.78						
2-A & 2-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	2.263	1.35	192	0.3	175.93	2355.30	9.8	240.34	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
- Dinding x + y	0.15	2.85	3.8	550	1	893.48						
3-A & 3-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	2.263	1.35	192	0.3	175.93	2355.30	9.8	240.34	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	2.263	1.35	5	1	15.27				
		- Keramik	1	2.263	1.35	20.5	1	62.61				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
- Dinding x + y	0.15	2.85	3.8	550	1	893.48						
3-A & 3-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4635.65	9.8	473.03	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
- Dinding x + y	0.15	2.65	3.8	550	1	830.78						
3-A & 3-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	2.65	192	0.3	457.92	4635.65	9.8	473.03	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	3	2.65	5	1	39.75				
		- Keramik	1	3	2.65	20.5	1	162.98				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
- Dinding x + y	0.15	2.65	3.8	550	1	830.78						
4-A & 4-E	Lantai 4-9	Beban hidup :	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3302.06	9.8	336.94	
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25				
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03				
- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93						

4-B & 4-D	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20	5757.66	9.8	587.52
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Dinding x + y	0.15	6	3.8	550	1	1881.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56			
<u>Beban mati :</u>											
1-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20	5757.66	9.8	587.52
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50			
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Dinding x + y	0.15	6	3.8	550	1	1881.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56			
<u>Beban mati :</u>											
1-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
1-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
2-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64	1421.44	9.8	145.05
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	192	0.3	171.07			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64	1421.44	9.8	145.05
		- Spesi	1	2.2	1.35	5	1	14.85			
		- Keramik	1	2.2	1.35	20.5	1	60.89			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	192	0.3	171.07			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	192	0.3	915.84			
		<u>Beban mati :</u>									
3-C	Lantai 4-9	- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80	7609.74	9.8	776.50
		- Spesi	1	6	2.65	5	1	79.50			
		- Keramik	1	6	2.65	20.5	1	325.95			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			

		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50								
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00								
4-C	Lantai 4-9	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	192	0.3	466.56	5757.66	9.8	587.52					
		<u>Beban mati :</u>														
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20								
		- Spesi	1	6	1.35	5	1	40.50								
		- Keramik	1	6	1.35	20.5	1	166.05								
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85								
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50								
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00								
		- Dinding x + y	0.15	6	3.8	550	1	1881.00								
2-A' & 2-D'	Lantai 4-9	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28	2751.16	9.8	280.73					
			1	1.5	0.738	192	0.3	63.72								
		<u>Beban mati :</u>														
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60								
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15								
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25								
			1	1.5	0.738	5	1	5.53								
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03								
			1	1.5	0.738	20.5	1	22.68								
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18								
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75								
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00								
		3-A' & 3-D'	Lantai 4-9	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192				0.3	233.28	2751.16	9.8	280.73
					1	1.5	0.738	192				0.3	63.72			
<u>Beban mati :</u>																
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60								
	0.13			1.5	0.738	2400	1	345.15								
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25								
	1			1.5	0.738	5	1	5.53								
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03								
	1			1.5	0.738	20.5	1	22.68								
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18								
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75								
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00								
2-B' & 2-C'	Lantai 4-9			<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28	3440.12	9.8	351.03			
					1	1.9	1.5	192	0.3	164.16						
		<u>Beban mati :</u>														
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60								
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20								
		- Spesi	1	3	1.35	5	1	20.25								
			1	1.9	1.5	5	1	14.25								
		- Keramik	1	3	1.35	20.5	1	83.03								
			1	1.9	1.5	20.5	1	58.43								
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18								
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75								
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00								
		3-B' & 3-C'	Lantai 4-9	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	192	0.3	233.28				3440.12	9.8	351.03
					1	1.9	1.5	192	0.3	164.16						
<u>Beban mati :</u>																
- Pelat sendiri	0.13			3	1.35	2400	1	1263.60								
	0.13			1.9	1.5	2400	1	889.20								
- Spesi	1			3	1.35	5	1	20.25								
	1			1.9	1.5	5	1	14.25								
- Keramik	1			3	1.35	20.5	1	83.03								
	1			1.9	1.5	20.5	1	58.43								
- Plafond + pengg	1			3	2.85	18.5	1	158.18								
- Plumbing	1			3	2.85	25	1	213.75								
- Inst. Listrik, AC	1			3	2.85	40	1	342.00								

Tabel Joint Mass Lantai Atap Lift

As	Lantai	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m	
			t (m)	p (m)	L (m)							
2-A & 2-E	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	3	1.5	96	1	432.00	3112.43	9.8	317.59	
		- Air Hujan	1	3	1.5	29.4	1	132.30				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.5	2400	1	1404.00				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	1.5	18.5	1	83.25				
		- Plumbing	1	3	1.5	25	1	112.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.5	40	1	180.00				
		- Aspal	1	3	1.5	14	1	63.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.5	1.9	550	1	705.38				
3-A & 3-E	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	3	1.5	96	1	432.00	3112.43	9.8	317.59	
		- Air Hujan	1	3	1.5	29.4	1	132.30				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.5	2400	1	1404.00				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	1.5	18.5	1	83.25				
		- Plumbing	1	3	1.5	25	1	112.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.5	40	1	180.00				
		- Aspal	1	3	1.5	14	1	63.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.5	1.9	550	1	705.38				
2-B & 2-D	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	3	1.5	96	1	432.00	3112.43	9.8	317.59	
		- Air Hujan	1	3	1.5	29.4	1	132.30				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.5	2400	1	1404.00				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	1.5	18.5	1	83.25				
		- Plumbing	1	3	1.5	25	1	112.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.5	40	1	180.00				
		- Aspal	1	3	1.5	14	1	63.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.5	1.9	550	1	705.38				
3-B & 3-D	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	3	1.5	96	1	432.00	3112.43	9.8	317.59	
		- Air Hujan	1	3	1.5	29.4	1	132.30				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.5	2400	1	1404.00				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	1.5	18.5	1	83.25				
		- Plumbing	1	3	1.5	25	1	112.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.5	40	1	180.00				
		- Aspal	1	3	1.5	14	1	63.00				
		- Dinding x + y	0.15	4.5	1.9	550	1	705.38				
2-C	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	2.2	1.5	96	1	316.80	2110.02	9.8	215.31	
		- Air Hujan	1	2.2	1.5	29.4	1	97.02				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.5	2400	1	1029.60				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.5	18.5	1	61.05				
		- Plumbing	1	2.2	1.5	25	1	82.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.5	40	1	132.00				
		- Aspal	1	2.2	1.5	14	1	46.20				
		- Dinding x + y	0.15	2.2	1.9	550	1	344.85				
3-C	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	2.2	1.5	96	1	316.80	2110.02	9.8	215.31	
		- Air Hujan	1	2.2	1.5	29.4	1	97.02				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.5	2400	1	1029.60				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.5	18.5	1	61.05				
		- Plumbing	1	2.2	1.5	25	1	82.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.5	40	1	132.00				
		- Aspal	1	2.2	1.5	14	1	46.20				

		- Dinding x + y	0.15	2.2	1.9	550	1	344.85				
2-B' & 2-C'	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	1.1	1.5	96	1	158.40	1290.14	9.8	131.65	
		- Air Hujan	1	1.1	1.5	29.4	1	48.51				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	1.1	1.5	2400	1	514.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	1.1	1.5	18.5	1	30.53				
		- Plumbing	1	1.1	1.5	25	1	41.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	1.1	1.5	40	1	66.00				
		- Aspal	1	1.1	1.5	14	1	23.10				
		- Dinding x + y	0.15	2.6	1.9	550	1	407.55				
3-B' & 3-C'	Lantai Atap Lift	Beban hidup :	1	1.1	1.5	96	1	158.40	1290.14	9.8	131.65	
		- Air Hujan	1	1.1	1.5	29.4	1	48.51				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	1.1	1.5	2400	1	514.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	1.1	1.5	18.5	1	30.53				
		- Plumbing	1	1.1	1.5	25	1	41.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	1.1	1.5	40	1	66.00				
		- Aspal	1	1.1	1.5	14	1	23.10				
		- Dinding x + y	0.15	2.6	1.9	550	1	407.55				

Tabel Joint Mass Lantai Atas

As	Lantai	Beban	Dimensi			Berat Jenis kg/m ³	Koef Reduksi	Berat kg	Total Berat kg	Gravitasi m/s ²	Masses kg s ² /m	
			t (m)	p (m)	L (m)							
1-A & 1-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	3	1.35	96	1	388.80	2848.21	9.8	290.63	
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93				
		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00				
		- Aspal	1	3	1.35	14	1	56.70				
		- Dinding x + y	0.15	4.35	1.9	550	1	681.86				
1'-A & 1'-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	3	2.65	96	1	763.20	4667.84	9.8	476.31	
		- Air Hujan	1	3	2.65	29.4	1	233.73				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Aspal	1	3	2.65	14	1	111.30				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	1.9	550	1	415.39				
1"-A & 1"-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	3	2.65	96	1	763.20	4667.84	9.8	476.31	
		- Air Hujan	1	3	2.65	29.4	1	233.73				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Aspal	1	3	2.65	14	1	111.30				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	1.9	550	1	415.39				
2-A & 2-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	2.263	1.35	96	1	293.22	3467.76	9.8	353.85	
		- Air Hujan	1	2.263	1.35	29.4	1	89.80				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Aspal	1	2.263	1.35	14	1	42.76				
		- Dinding x + y	0.15	5.85	3.8	550	1	1833.98				
3-A & 3-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	2.263	1.35	96	1	293.22	3467.76	9.8	353.85	
		- Air Hujan	1	2.263	1.35	29.4	1	89.80				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	2.263	1.35	2400	1	952.97				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	2.263	1.35	18.5	1	56.51				
		- Plumbing	1	2.263	1.35	25	1	76.36				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.263	1.35	40	1	122.18				
		- Aspal	1	2.263	1.35	14	1	42.76				
		- Dinding x + y	0.15	5.85	3.8	550	1	1833.98				
3'-A & 3'-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	3	2.65	96	1	763.20	4667.84	9.8	476.31	
		- Air Hujan	1	3	2.65	29.4	1	233.73				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08				
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75				
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00				
		- Aspal	1	3	2.65	14	1	111.30				
		- Dinding x + y	0.15	2.65	1.9	550	1	415.39				
3"-A & 3"-E	Lantai Atas	Beban hidup :	1	3	2.65	96	1	763.20	4667.84	9.8	476.31	
		- Air Hujan	1	3	2.65	29.4	1	233.73				
		Beban mati :										
		- Pelat sendiri	0.13	3	2.65	2400	1	2480.40				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				

3-E		- Plafond + pengg	1	3	2.65	18.5	1	147.08			
		- Plumbing	1	3	2.65	25	1	198.75			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.65	40	1	318.00			
		- Aspal	1	3	2.65	14	1	111.30			
		- Dinding x + y	0.15	2.65	1.9	550	1	415.39			
4-A & 4-E	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	96	1	388.80			
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	2848.21	9.8	290.63
		- Plafond + pengg	1	3	1.35	18.5	1	74.93			
		- Plumbing	1	3	1.35	25	1	101.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	1.35	40	1	162.00			
		- Aspal	1	3	1.35	14	1	56.70			
		- Dinding x + y	0.15	4.35	1.9	550	1	681.86			
1-B & 1-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	96	1	777.60			
		- Air Hujan	1	6	1.35	29.4	1	238.14			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	5273.19	9.8	538.08
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Aspal	1	6	1.35	14	1	113.40			
		- Dinding x + y	0.15	6	1.9	550	1	940.50			
1-B & 1-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40			
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	8504.91	9.8	867.85
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60			
1-B & 1-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40			
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	8504.91	9.8	867.85
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60			
2-B & 2-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	96	1	721.62			
		- Air Hujan	1	2.85	2.638	29.4	1	221.00			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	5431.53	9.8	554.24
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			
		- Plumbing	1	2.85	2.638	25	1	187.92			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.85	2.638	40	1	300.68			
		- Aspal	1	2.85	2.638	14	1	105.24			
		- Dinding x + y	0.15	4.5	3.8	550	1	1410.75			
3-B & 3-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	2.85	2.638	96	1	721.62			
		- Air Hujan	1	2.85	2.638	29.4	1	221.00			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.85	2.638	2400	1	2345.27			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00	5431.53	9.8	554.24
		- Plafond + pengg	1	2.85	2.638	18.5	1	139.06			

		- Plumbing	1	2.85	2.638	25	1	187.92				
		- Inst. Listrik, AC	1	2.85	2.638	40	1	300.68				
		- Aspal	1	2.85	2.638	14	1	105.24				
		- Dinding x + y	0.15	4.5	3.8	550	1	1410.75				
3 ⁻ B & 3 ⁻ D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85	
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60				
3 ⁻ B & 3 ⁻ D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85	
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60				
4-B & 4-D	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	96	1	777.60	5273.19	9.8	538.08	
		- Air Hujan	1	6	1.35	29.4	1	238.14				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85				
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00				
		- Aspal	1	6	1.35	14	1	113.40				
- Dinding x + y	0.15	6	1.9	550	1	940.50						
1-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	96	1	777.60	5273.19	9.8	538.08	
		- Air Hujan	1	6	1.35	29.4	1	238.14				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85				
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00				
		- Aspal	1	6	1.35	14	1	113.40				
- Dinding x + y	0.15	6	1.9	550	1	940.50						
1 ⁻ C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85	
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00				
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60				
1 ⁻ C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85	
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46				
		<u>Beban mati :</u>										
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80				
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00				
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00				
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50				

		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60			
2-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	96	1	285.12	2278.35	9.8	232.49
		- Air Hujan	1	2.2	1.35	29.4	1	87.32			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		- Aspal	1	2.2	1.35	14	1	41.58			
- Dinding x + y	0.15	2.2	3.8	550	1	689.70					
3-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	2.2	1.35	96	1	285.12	2278.35	9.8	232.49
		- Air Hujan	1	2.2	1.35	29.4	1	87.32			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	2.2	1.35	2400	1	926.64			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	2.2	1.35	18.5	1	54.95			
		- Plumbing	1	2.2	1.35	25	1	74.25			
		- Inst. Listrik, AC	1	2.2	1.35	40	1	118.80			
		- Aspal	1	2.2	1.35	14	1	41.58			
- Dinding x + y	0.15	2.2	3.8	550	1	689.70					
3-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60			
3-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	2.65	96	1	1526.40	8504.91	9.8	867.85
		- Air Hujan	1	6	2.65	29.4	1	467.46			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	2.65	2400	1	4960.80			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	6	2.65	18.5	1	294.15			
		- Plumbing	1	6	2.65	25	1	397.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	2.65	40	1	636.00			
		- Aspal	1	6	2.65	14	1	222.60			
4-C	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	6	1.35	96	1	777.60	5273.19	9.8	538.08
		- Air Hujan	1	6	1.35	29.4	1	238.14			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	6	1.35	2400	1	2527.20			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	6	1.35	18.5	1	149.85			
		- Plumbing	1	6	1.35	25	1	202.50			
		- Inst. Listrik, AC	1	6	1.35	40	1	324.00			
		- Aspal	1	6	1.35	14	1	113.40			
- Dinding x + y	0.15	6	1.9	550	1	940.50					
2-A' & 2-D'	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	96	1	388.80	3088.97	9.8	315.20
		- Air Hujan	1	1.5	0.738	96	1	106.20			
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07			
		- Air Hujan	1	1.5	0.738	29.4	1	32.52			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
		- Pelat sendiri	0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15			
- Spesi	1	0	0	5	1	0.00					
- Spesi	1	0	0	5	1	0.00					

		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
			1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00			
		- Aspal	1	3	2.85	14	1	119.70			
3-A' & 3-D'	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	96	1	388.80	3088.97	9.8	315.20
			1	1.5	0.738	96	1	106.20			
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07			
			1	1.5	0.738	29.4	1	32.52			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
			0.13	1.5	0.738	2400	1	345.15			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
			1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
			1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00			
- Aspal	1	3	2.85	14	1	119.70					
2-B' & 2-C'	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	96	1	388.80	4666.79	9.8	476.20
			1	1.9	1.5	96	1	273.60			
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07			
			1	1.9	1.5	29.4	1	83.79			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
			1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
			1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00			
- Aspal	1	3	2.85	14	1	119.70					
- Dinding x + y	0.15	2.6	3.8	550	1	815.10					
3-B' & 3-C'	Lantai Atap	<u>Beban hidup :</u>	1	3	1.35	96	1	388.80	4666.79	9.8	476.20
			1	1.9	1.5	96	1	273.60			
		- Air Hujan	1	3	1.35	29.4	1	119.07			
			1	1.9	1.5	29.4	1	83.79			
		<u>Beban mati :</u>									
		- Pelat sendiri	0.13	3	1.35	2400	1	1263.60			
			0.13	1.9	1.5	2400	1	889.20			
		- Spesi	1	0	0	5	1	0.00			
			1	0	0	5	1	0.00			
		- Keramik	1	0	0	20.5	1	0.00			
			1	0	0	20.5	1	0.00			
		- Plafond + pengg	1	3	2.85	18.5	1	158.18			
		- Plumbing	1	3	2.85	25	1	213.75			
		- Inst. Listrik, AC	1	3	2.85	40	1	342.00			
- Aspal	1	3	2.85	14	1	119.70					
- Dinding x + y	0.15	2.6	3.8	550	1	815.10					

LAMPIRAN 3.B
(TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN PELAT)

Data perencanaan :

Mutu beton	(f_c')	=	35 Mpa
Mutu baja	(f_y)	=	400 Mpa
Tebal pelat pracetak		=	80 mm
Tebal <i>overtopping</i>		=	50 mm
Tebal selimut		=	20 mm
Diameter rencana		=	10 mm

Pembebanan :

Berat sendiri precast	=	0.08	x	2400	=	192	kg/m ²	
Berat <i>overtopping</i>	=	0.05	x	2400	=	120	kg/m ²	
Plafond + Penggantung	=	18.5			=	18.5	kg/m ²	
Spesi	=	5			=	5	kg/m ²	
Keramik	=	20.5			=	20.5	kg/m ²	
Plumbing	=	25			=	25	kg/m ²	
Inst. Listrik, AC, dll	=	40			=	40	kg/m ²	
					DL	=	421	kg/m ²
					LL	=	479	kg/m ²
					qu	=	1272	kg/m²

Rasio Tulangan :

β_1	=	0.80
ρ_b	=	0.036
ρ_{max}	=	0.027
ρ_{min}	=	0.004
m	=	13.45
d_x	=	105 mm
d_y	=	95 mm

Komposit Tumpuan

Tipe Pelat	Dimensi		Mtx (kg.m)	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx (m)	Ly (m)			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	A_s perlu mm ²	S pakai (mm)	S max (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	A_s perlu mm ²	S min (mm)	S max (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Bagi
P1-A	2.7	6	769.407	0.78	0.002	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	2.7	6	769.407	0.78	0.002	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	2.6	6	713.469	0.72	0.002	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-D	2.7	6	769.407	0.78	0.002	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.475	3	229.622	0.23	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	3	3.8	949.885	0.96	0.002	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
Ktlv	1	6	105.543	0.11	0.0003	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300

Komposit Lapangan																			
Tipe Pelat	Dimensi		Mix	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx	Ly			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	$A_{s_{perlu}}$	S_{pakai}	S_{max}	Cek jarak	Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	$A_{s_{perlu}}$	S_{min}	S_{max}	Cek jarak	Cek As	Tulangan Bagi
	(m)	(m)	(kg.m)			mm^2	(mm)	(mm)					mm^2	(mm)	(mm)				
P1-A	2.7	6	389.338	0.39	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	2.7	6	389.338	0.39	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	2.6	6	361.033	0.36	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P1-D	2.7	6	389.338	0.39	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.475	3	116.194	0.12	0.000	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	3	3.8	480.665	0.48	0.001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300
Ktlv	1	6	53.407	0.05	0.0001	0.004	367.50	200	390	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	650	OKE	OKE	D10 -300

Data perencanaan :			
Mutu beton	(f_c')	=	35 Mpa
Mutu baja	(f_y)	=	400 Mpa
Tebal pelat pracetak		=	80 mm
Tebal <i>overlapping</i>		=	50 mm
Tebal selimut		=	20 mm
Diameter rencana		=	10 mm

Rasio Tulangan :	
β_1	= 0.80
ρ_b	= 0.036
ρ_{max}	= 0.027
ρ_{min}	= 0.004
m	= 13.45
d_x	= 55 mm
d_y	= 45 mm

KONDISI PENGANGKATAN																			
Tipe Pelat	Dimensi		Mx	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx	Ly			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As _{perlu} mm ²	S _{pakai} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	As _{perlu} mm ²	S _{min} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak Cek As	Tulangan Bagi		
	(m)	(m)	kg.m																
P1-A	1.1	2.4	31.489	0.12	0.0003	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	1.1	2.4	31.489	0.12	0.0003	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	1.1	2.4	31.489	0.12	0.0003	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.1	2.6	34.114	0.13	0.0003	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	1.1	2.6	34.114	0.13	0.0003	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300

Kontrol Tegangan													
Tipe Pelat	Dimensi		W	Mx	Mx'	My	My'	Zx	Zy	σ_x	σ_y	fr	Cek Tegangan
	Lx	Ly											
	(m)	(m)	kg/m ²	kg.m	kg.m	kg.m	kg.m	mm ³	mm ³	MPa	MPa	MPa	
P1-A	1.1	2.4	192	5.966	20.275	13.017	20.275	1280000	586666.67	0.289	0.567	2.619	MEMENUHI
P1-B	1.1	2.4	192	5.966	20.275	13.017	20.275	1280000	586666.67	0.289	0.567	2.619	MEMENUHI
P1-C	1.1	2.4	192	5.966	20.275	13.017	20.275	1280000	586666.67	0.289	0.567	2.619	MEMENUHI
P2-A	1.1	2.6	192	6.463	21.965	15.277	21.965	1280000	586666.67	0.313	0.635	2.619	MEMENUHI
P2-B	1.1	2.6	192	6.463	21.965	15.277	21.965	1280000	586666.67	0.313	0.635	2.619	MEMENUHI

Data perencanaan :			
Mutu beton	(f_c')	=	35 Mpa
Mutu baja	(f_y)	=	400 Mpa
Tebal pelat pracetak		=	80 mm
Tebal <i>overlapping</i>		=	50 mm
Tebal selimut		=	20 mm
Diameter rencana		=	10 mm

Rasio Tulangan :	
β_1	= 0.80
ρ_b	= 0.036
ρ_{max}	= 0.027
ρ_{min}	= 0.004
m	= 13.45
d_x	= 55 mm
d_y	= 45 mm

KONDISI PENUMPUKAN																			
Tipe Pelat	Dimensi		Mx	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx	Ly			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	A_s _{perlu}	S _{pakai}	S _{max}	Cek jarak	Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	A_s _{perlu}	S _{min}	S _{max}	Cek jarak	Cek As	Tulangan Bagi
	(m)	(m)	kg.m				mm ²	(mm)	(mm)	OK	OK			mm ²	(mm)	(mm)	OK	OK	
P1-A	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.1	2.6	112.08	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	1.1	2.6	112.08	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300

Kontrol Tegangan (3hari)													
Tipe Pelat	Dimensi		Qx	Qy	Pu	Mx	My	Zx	Zy	σ_x	σ_y	fr	Cek Tegangan
	Lx	Ly											
	(m)	(m)											
P1-A	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	2.619	MEMENUHI
P1-B	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	2.619	MEMENUHI
P1-C	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	2.619	MEMENUHI
P2-A	1.1	2.6	499.2	211.2	133	112.08	87.84	2773333	1173333	0.404	0.749	2.619	MEMENUHI
P2-B	1.1	2.6	499.2	211.2	133	112.08	87.84	2773333	1173333	0.404	0.749	2.619	MEMENUHI

Data perencanaan :

Mutu beton	(f_c')	=	35 Mpa
Mutu baja	(f_y)	=	400 Mpa
Tebal pelat pracetak		=	80 mm
Tebal <i>overlapping</i>		=	50 mm
Tebal selimut		=	20 mm
Diameter rencana		=	10 mm

Rasio Tulangan :

β_1	=	0.80
ρ_b	=	0.036
ρ_{max}	=	0.027
ρ_{min}	=	0.004
m	=	13.45
d_x	=	55 mm
d_y	=	45 mm

KONDISI PEMASANGAN

Tipe Pelat	Dimensi		Mx	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx	Ly			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As _{perlu} mm ²	S _{pakai} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	As _{perlu} mm ²	S _{min} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Bagi
	(m)	(m)	kg.m																
P1-A	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	1.1	2.4	106.27	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.1	2.6	112.08	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	1.1	2.6	112.08	0.4	0.001	0.004	192.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	90.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300

Kontrol Tegangan

Tipe Pelat	Dimensi		Qx	Qy	Pu	Mx	My	Zx	Zy	σ_x	σ_y	fr	Cek Tegangan
	Lx	Ly											
	(m)	(m)	kg/m ²	kg/m ²	kg	kg.m	kg.m	mm ³	mm ³	MPa	MPa	MPa	
P1-A	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	3.339	MEMENUHI
P1-B	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	3.339	MEMENUHI
P1-C	1.1	2.4	460.8	211.2	133	106.27	77.92	2560000	1173333	0.415	0.664	3.339	MEMENUHI
P2-A	1.1	2.6	499.2	211.2	133	112.08	87.84	2773333	1173333	0.404	0.749	3.339	MEMENUHI
P2-B	1.1	2.6	499.2	211.2	133	112.08	87.84	2773333	1173333	0.404	0.749	3.339	MEMENUHI

Data perencanaan :			
Mutu beton	(f_c')	=	35 Mpa
Mutu baja	(f_y)	=	400 Mpa
Tebal pelat pracetak		=	80 mm
Tebal <i>overlapping</i>		=	50 mm
Tebal selimut		=	20 mm
Diameter rencana		=	10 mm

Rasio Tulangan :	
β_1	= 0.80
ρ_b	= 0.036
ρ_{max}	= 0.027
ρ_{min}	= 0.004
m	= 13.45
d_x	= 105 mm
d_y	= 95 mm

KONDISI PENGECORAN																			
Tipe Pelat	Dimensi		Mx	Rn	Tulangan Utama							Tulangan Bagi							
	Lx	Ly			ρ_{perlu}	ρ_{pakai}	As _{perlu} mm ²	S _{pakai} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Tumpuan	ρ_{min}	As _{perlu} mm ²	S _{min} (mm)	S _{max} (mm)	Cek jarak	Cek As	Tulangan Bagi
	(m)	(m)	kg.m																
P1-A	1.1	2.4	149.83	0.2	0.0004	0.004	367.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-B	1.1	2.4	149.83	0.2	0.0004	0.004	367.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P1-C	1.1	2.4	149.83	0.2	0.0004	0.004	367.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-A	1.1	2.6	159.27	0.2	0.0004	0.004	367.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300
P2-B	1.1	2.6	159.27	0.2	0.0004	0.004	367.50	200	240	OKE	OKE	D10 -200	0.002	190.00	300	400	OKE	OKE	D10 -300

Kontrol Tegangan													
Tipe Pelat	Dimensi		Qx	Qy	Pu	Mx	My	Zx	Zy	σ_x	σ_y	fr	Cek Tegangan
	Lx	Ly											
	(m)	(m)	kg/m ²	kg/m ²	kg	kg.m	kg.m	mm ³	mm ³	MPa	MPa	MPa	
P1-A	1.1	2.4	748.8	343.2	133	149.83	101.68	6760000	3098333	0.222	0.328	3.339	MEMENUHI
P1-B	1.1	2.4	748.8	343.2	133	149.83	101.68	6760000	3098333	0.222	0.328	3.339	MEMENUHI
P1-C	1.1	2.4	748.8	343.2	133	149.83	101.68	6760000	3098333	0.222	0.328	3.339	MEMENUHI
P2-A	1.1	2.6	811.2	343.2	133	159.27	115.73	7323333	3098333	0.217	0.374	3.339	MEMENUHI
P2-B	1.1	2.6	811.2	343.2	133	159.27	115.73	7323333	3098333	0.217	0.374	3.339	MEMENUHI

LAMPIRAN 3.C
(TABEL PERHITUNGAN PENULANGAN BALOK INDUK)

A. Cek Syarat Komponen Struktur Lentur SRPMK

Tipe Balok	No. Frame	Dimensi			Cek Aksial Tekan Terfaktor			Cek Bentang Bersih		Cek b/h		Cek Lebar
		b	h	Ln	Pu (SAP)	0,1.Ag .fc'	Cek	d	Cek	b/h	Cek	Cek
		(m)	(m)	(m)	kN	kN		(mm)	4d < Ln		b/h >0,3	
B2	19	0.5	0.7	5.3	332.29	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	18	0.5	0.7	5.3	238.64	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	17	0.5	0.7	5.3	238.77	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	16	0.5	0.7	5.3	238.77	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	74	0.5	0.7	5.3	35.042	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	73	0.5	0.7	5.3	33.255	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	72	0.5	0.7	5.3	33.259	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	71	0.5	0.7	5.3	35.104	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	157	0.5	0.7	5.3	8.987	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	253	0.5	0.7	5.3	14.078	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	260	0.5	0.7	5.3	14.081	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	154	0.5	0.7	5.3	8.89	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	288	0.5	0.7	5.3	8.695	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	506	0.5	0.7	5.3	11.087	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	509	0.5	0.7	5.3	11.076	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	287	0.5	0.7	5.3	8.582	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	379	0.5	0.7	5.3	6.86	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	510	0.5	0.7	5.3	9.327	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	511	0.5	0.7	5.3	9.321	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	378	0.5	0.7	5.3	6.771	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	470	0.5	0.7	5.3	5.975	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	512	0.5	0.7	5.3	7.978	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	513	0.5	0.7	5.3	7.978	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	469	0.5	0.7	5.3	5.902	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	561	0.5	0.7	5.3	5.521	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	514	0.5	0.7	5.3	7.007	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	515	0.5	0.7	5.3	7.012	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	560	0.5	0.7	5.3	5.457	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	652	0.5	0.7	5.3	10.113	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	516	0.5	0.7	5.3	7.224	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	517	0.5	0.7	5.3	7.229	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	651	0.5	0.7	5.3	5.467	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	743	0.5	0.7	5.3	13.114	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	518	0.5	0.7	5.3	13.511	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	519	0.5	0.7	5.3	13.562	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE

B2	742	0.5	0.7	5.3	13.086	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	1094	0.5	0.7	5.3	53.343	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	1093	0.5	0.7	5.3	82.325	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	1092	0.5	0.7	5.3	82.353	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE
B2	1091	0.5	0.7	5.3	53.33	1225	OKE	624.5	OKE	0.714	OKE	OKE

B. Gaya yang terjadi pada struktur

Tipe Balok	No. Frame	Dimensi			Kondisi dan Lokasi	Arah Goyangan	Mu (kN.m)
		b	h	Ln			
		(m)	(m)	(m)			
B2	19	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	89.130
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	178.620
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	14.602
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	282.546
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	1.220
B2	18	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	15.965
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	268.905
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	9.415
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	285.764
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	0.515
B2	17	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	9.442
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	285.693
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	15.936
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	268.966
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	0.224
B2	16	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	14.624
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	282.480
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	89.099
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	178.607
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	0.966
B2	74	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	434.275
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	255.626
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	386.480
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	247.088
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	61.473
B2	73	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	404.296
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	205.845
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	397.727
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	213.661
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	71.391
B2	72	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	397.992
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	213.390
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	404.020
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	206.114

					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	71.393
B2	71	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	386.716
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	246.839
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	434.015
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	255.869
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	61.477
B2	157	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	447.800
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	279.366
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	360.777
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	279.366
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	52.467
B2	253	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	402.570
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	229.328
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	389.522
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	241.566
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	67.986
B2	260	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	390.042
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	241.092
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	402.053
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	229.810
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	65.248
B2	154	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	361.249
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	278.907
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	447.294
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	245.740
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	52.490
B2	288	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	442.943
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	197.104
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	315.296
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	257.919
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	51.148
B2	506	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	378.806
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	200.769
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	359.821
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	218.299
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	66.485
B2	509	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	360.552
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	217.605
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	378.071

					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	201.469
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	64.013
B2	287	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	315.977
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	257.251
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	422.218
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	197.842
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	51.176
B2	379	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	396.468
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	150.879
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	271.466
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	233.468
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	49.950
B2	510	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	351.175
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	170.252
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	328.101
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	191.358
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	64.826
B2	511	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	328.965
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	190.525
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	350.305
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	171.089
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	62.640
B2	378	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	272.276
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	232.669
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	395.598
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	151.758
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	49.985
B2	470	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	365.211
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	104.240
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	227.059
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	204.759
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	48.605
B2	512	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	316.948
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	136.678
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	293.585
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	160.634
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	62.806
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	294.494
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	159.753

B2	513	0.5	0.7	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	319.031
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	137.561
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	60.934
B2	469	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	227.905
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	203.921
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	364.299
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	104.699
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	48.641
B2	561	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	327.842
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	67.261
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	180.317
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	170.317
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	47.074
B2	514	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	283.715
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	98.890
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	255.063
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	124.805
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	60.363
B2	515	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	255.939
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	123.955
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	282.830
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	99.743
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	58.842
B2	560	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	181.401
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	169.519
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	326.973
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	67.606
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	47.109
B2	652	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	283.345
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	26.823
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	130.361
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	129.224
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	45.398
B2	516	0.5	0.7	5.3	1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	241.669
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	59.536
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	211.320
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	82.926
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	57.349
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	212.089

B2	517	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	82.181
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	240.089
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	59.824
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	56.227
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	131.053
B2	651	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	128.543
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	282.600
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	27.118
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	45.428
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	230.901
B2	743	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	18.280
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	76.810
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	80.531
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	42.661
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	230.901
B2	518	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	23.363
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	163.678
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	37.915
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	54.118
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	193.493
B2	519	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	37.696
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	192.893
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	23.582
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	53.437
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	164.266
B2	742	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	80.047
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	230.371
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	18.071
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	42.682
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	77.297
B2	1094	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	30.592
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	27.146
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	36.982
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	36.426
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	139.707
B2	1093	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3.386
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	87.738
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	11.825
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	34.742
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	108.161
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	88.051

B2	1092	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	11.498
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	107.825
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3.511
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	20.552
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	27.239
B2	1091	0.5	0.7	5.3	2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	36.746
					3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	139.423
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	30.481
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	36.449

C. Perhitungan Tulangan Lentur

No. Frame	Dimensi				Kondisi	Mu (kN.m)	Mn (kN.m)	0.75.xb (mm)	Xr (mm)	Asc (mm²)	Msc (kN.m)	M _r -M _{sc} (kN.m)	Jenis Tulangan	Rn (MPa)	P _{peru}	P _{pakal}	As (mm²)	n	As _{pakal} (mm²)	Cek As	Jadi didapatkan hasil	Cek Momen Kapasitas			Cek Kondisi Desain			
	b (mm)	h (mm)	d (mm)	d' (mm)																		a (mm)	ØMn (kN.m)	Cek ØMn > Mu	a/d	0.375 B ₁	Cek	
19	500	700	624.5	75.5	1	89.13	99.03	281.03	100	2975	695.56	-597	Tulangan Tunggal	0.5079	0.0013	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	178.62	198.5					-497	Tulangan Tunggal	1.0178	0.0026	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	14.60	16.22					-679	Tulangan Tunggal	0.0832	0.0002	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	282.55	313.9					-382	Tulangan Tunggal	1.6099	0.0041	0.0041	1292.7	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	70.64	78.48					-617	Tulangan Tunggal	0.4025	0.00101	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
18	500	700	624.5	75.5	1	15.96	17.74	281.03	100	2975	695.56	-678	Tulangan Tunggal	0.091	0.00023	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	268.90	298.8					-397	Tulangan Tunggal	1.5322	0.00393	0.0039	1228.6	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	9.42	10.46					-685	Tulangan Tunggal	0.0536	0.00013	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	285.76	317.5					-378	Tulangan Tunggal	1.6283	0.00419	0.0042	1307.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	71.44	79.38					-616	Tulangan Tunggal	0.4071	0.00102	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
17	500	700	624.5	75.5	1	9.44	10.49	281.03	100	2975	695.56	-685	Tulangan Tunggal	0.0538	0.0001	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	285.69	317.4					-378	Tulangan Tunggal	1.6279	0.0042	0.0042	1307.6	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	15.94	17.71					-678	Tulangan Tunggal	0.0908	0.0002	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	268.97	298.9					-397	Tulangan Tunggal	1.5326	0.0039	0.0039	1228.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	71.42	79.36					-616	Tulangan Tunggal	0.407	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
16	500	700	624.5	75.5	1	14.62	16.25	281.03	100	2975	695.56	-679	Tulangan Tunggal	0.0833	0.0002	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	282.48	312.9					-382	Tulangan Tunggal	1.6096	0.0041	0.0041	1292.4	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	89.10	99					-597	Tulangan Tunggal	0.5077	0.0013	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	178.61	198.5					-497	Tulangan Tunggal	1.0177	0.0026	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	70.62	78.47					-617	Tulangan Tunggal	0.4024	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
74	500	700	624.5	75.5	1	434.28	482.5	281.03	100	2975	695.56	-213	Tulangan Tunggal	2.4745	0.0065	0.0065	2019.5	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					2	255.63	284					-412	Tulangan Tunggal	1.4566	0.0037	0.0037	1166.3	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	386.48	429.4					-266	Tulangan Tunggal	2.2022	0.0057	0.0057	1787.9	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					4	247.09	274.5					-421	Tulangan Tunggal	1.4079	0.0036	0.0036	1126.4	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	108.57	120.6					-575	Tulangan Tunggal	0.6186	0.0016	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
73	500	700	624.5	75.5	1	404.30	448.2	281.03	100	2975	695.56	-246	Tulangan Tunggal	2.3037	0.0060	0.006	1873.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	205.84	228.7					-467	Tulangan Tunggal	1.1729	0.0030	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	397.73	441.9					-254	Tulangan Tunggal	2.2663	0.0059	0.0059	1842.2	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	213.66	237.4					-458	Tulangan Tunggal	1.2174	0.0031	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	101.07	112.3					-583	Tulangan Tunggal	0.5759	0.0015	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
72	500	700	624.5	75.5	1	397.99	442.2	281.03	100	2975	695.56	-253	Tulangan Tunggal	2.2678	0.0059	0.0059	1843.4	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	213.39	237.1					-458	Tulangan Tunggal	1.2159	0.0031	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	404.02	448.9					-247	Tulangan Tunggal	2.3021	0.0060	0.006	1872.6	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	206.11	229					-467	Tulangan Tunggal	1.1744	0.0030	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	101.00	112.2					-583	Tulangan Tunggal	0.5755	0.0015	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	386.72	429.7					-266	Tulangan Tunggal	2.2035	0.0057	0.0057	1789	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					2	246.84	274.3					-421	Tulangan Tunggal	1.4065	0.0036	0.0036	1125.2	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced

71	500	700	624.5	75.5	3	434.02	482.2	281.03	100	2975	695.56	-213	Tulangan Tunggal	2.473	0.0065	0.0065	2018.2	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					4	255.87	284.3					-411	Tulangan Tunggal	1.4579	0.0037	0.0037	1167.5	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	108.50	120.6					-575	Tulangan Tunggal	0.6183	0.0016	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
157	500	700	624.5	75.5	1	447.80	497.6	281.03	100	2975	695.56	-198	Tulangan Tunggal	2.5516	0.0067	0.0067	2085.5	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					2	279.37	310.4					-385	Tulangan Tunggal	1.5918	0.0041	0.0041	1277.8	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	360.78	400.9					-295	Tulangan Tunggal	2.0557	0.0053	0.0053	1664.4	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					4	279.37	310.4					-385	Tulangan Tunggal	1.5918	0.0041	0.0041	1277.8	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	111.95	124.4					-571	Tulangan Tunggal	0.6379	0.0016	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
253	500	700	624.5	75.5	1	402.57	447.3	281.03	100	2975	695.56	-248	Tulangan Tunggal	2.2938	0.0060	0.006	1865.6	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	229.33	254.8					-441	Tulangan Tunggal	1.3067	0.0033	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	389.52	432.8					-263	Tulangan Tunggal	2.2195	0.0058	0.0058	1802.5	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	241.57	268.4					-427	Tulangan Tunggal	1.3764	0.0035	0.0035	1100.6	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	100.64	111.8					-584	Tulangan Tunggal	0.5735	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
260	500	700	624.5	75.5	1	390.04	433.4	281.03	100	2975	695.56	-262	Tulangan Tunggal	2.2225	0.0058	0.0058	1805.1	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	241.09	267.9					-428	Tulangan Tunggal	1.3737	0.0035	0.0035	1098.4	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	402.05	446.7					-249	Tulangan Tunggal	2.2909	0.0060	0.006	1863.1	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	229.81	255.3					-440	Tulangan Tunggal	1.3095	0.0033	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	100.51	111.7					-584	Tulangan Tunggal	0.5727	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
154	500	700	624.5	75.5	1	361.25	401.4	281.03	100	2975	695.56	-294	Tulangan Tunggal	2.0584	0.0053	0.0053	1666.6	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	278.91	309.9					-386	Tulangan Tunggal	1.5892	0.0041	0.0041	1275.6	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	447.29	497					-199	Tulangan Tunggal	2.5487	0.0067	0.0067	2083	4	1963.5	FDK OK	4	D 25	52.8	422.77	TDK MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	245.74	273					-423	Tulangan Tunggal	1.4002	0.0036	0.0036	1120.1	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	111.82	124.2					-571	Tulangan Tunggal	0.6372	0.0016	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
288	500	700	624.5	75.5	1	442.94	492.2	281.03	100	2975	695.56	-203	Tulangan Tunggal	2.5239	0.0066	0.0066	2061.7	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					2	221.47	246.1					-449	Tulangan Tunggal	1.2619	0.0032	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	315.30	350.3					-345	Tulangan Tunggal	1.7966	0.0046	0.0046	1447.6	5	2454.37	OKE	5	D 25	66	522.63	MEMENUHI	0.106	0.3	Under Reinforced
					4	257.92	286.6					-409	Tulangan Tunggal	1.4696	0.0038	0.0038	1177.1	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	110.74	123					-573	Tulangan Tunggal	0.631	0.0016	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
506	500	700	624.5	75.5	1	378.81	420.9	281.03	100	2975	695.56	-275	Tulangan Tunggal	2.1584	0.0056	0.0056	1750.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	200.77	223.1					-472	Tulangan Tunggal	1.144	0.0029	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	359.82	399.8					-296	Tulangan Tunggal	2.0503	0.0053	0.0053	1659.8	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	218.30	242.6					-453	Tulangan Tunggal	1.2439	0.0032	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	94.70	105.2					-590	Tulangan Tunggal	0.5396	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
509	500	700	624.5	75.5	1	360.55	400.6	281.03	100	2975	695.56	-295	Tulangan Tunggal	2.0544	0.0053	0.0053	1663.3	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	217.60	241.8					-454	Tulangan Tunggal	1.2399	0.0032	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	378.07	420.1					-275	Tulangan Tunggal	2.1542	0.0056	0.0056	1747.4	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	201.47	223.9					-472	Tulangan Tunggal	1.148	0.0029	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	94.52	105					-591	Tulangan Tunggal	0.5386	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
287	500	700	624.5	75.5	1	315.98	351.1	281.03	100	2975	695.56	-344	Tulangan Tunggal	1.8004	0.0046	0.0046	1450.8	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	257.25	285.8					-410	Tulangan Tunggal	1.4658	0.0038	0.0038	1173.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	422.22	469.1					-226	Tulangan Tunggal	2.4058	0.0063	0.0063	1960.8	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	211.11	234.6					-461	Tulangan Tunggal	1.2029	0.0031	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced

561	500	700	624.5	75.5	2	163.92	182.1	281.03	100	2975	695.56	-513	Tulangan Tunggal	0.934	0.0024	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	180.32	200.4					-495	Tulangan Tunggal	1.0274	0.0026	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	170.32	189.2					-506	Tulangan Tunggal	0.9705	0.0025	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	81.96	91.07					-604	Tulangan Tunggal	0.467	0.0012	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
514	500	700	624.5	75.5	1	283.71	315.2	281.03	100	2975	695.56	-380	Tulangan Tunggal	1.6166	0.0042	0.0042	1298.3	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	141.86	157.6					-538	Tulangan Tunggal	0.8083	0.0020	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	255.06	283.4					-412	Tulangan Tunggal	1.4534	0.0037	0.0037	1163.7	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	127.53	141.7					-554	Tulangan Tunggal	0.7267	0.0018	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
515	500	700	624.5	75.5	5	70.93	78.81	281.03	100	2975	695.56	-617	Tulangan Tunggal	0.4042	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	255.94	284.4					-411	Tulangan Tunggal	1.4583	0.0037	0.0037	1167.8	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	127.97	142.2					-553	Tulangan Tunggal	0.7292	0.0018	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	282.83	314.3					-381	Tulangan Tunggal	1.6116	0.0041	0.0041	1294.1	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
560	500	700	624.5	75.5	4	141.42	157.1	281.03	100	2975	695.56	-538	Tulangan Tunggal	0.8058	0.0020	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	70.71	78.56					-617	Tulangan Tunggal	0.4029	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	181.40	201.6					-494	Tulangan Tunggal	1.0336	0.0026	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	169.52	188.4					-507	Tulangan Tunggal	0.9659	0.0025	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
652	500	700	624.5	75.5	3	326.97	363.3	281.03	100	2975	695.56	-332	Tulangan Tunggal	1.8631	0.0048	0.0048	1503	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	163.49	181.7					-514	Tulangan Tunggal	0.9315	0.0024	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	81.74	90.83					-605	Tulangan Tunggal	0.4658	0.0012	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	283.35	314.8					-381	Tulangan Tunggal	1.6145	0.0042	0.0042	1296.5	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
516	500	700	624.5	75.5	2	141.67	157.4	281.03	100	2975	695.56	-538	Tulangan Tunggal	0.8073	0.0020	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	130.36	144.8					-551	Tulangan Tunggal	0.7428	0.0019	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	129.22	143.6					-552	Tulangan Tunggal	0.7363	0.0019	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	70.84	78.71					-617	Tulangan Tunggal	0.4036	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
516	500	700	624.5	75.5	1	241.67	268.5	281.03	100	2975	695.56	-427	Tulangan Tunggal	1.377	0.0035	0.0035	1101	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	120.83	134.3					-561	Tulangan Tunggal	0.6885	0.0017	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	211.32	234.8					-461	Tulangan Tunggal	1.2041	0.0031	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	105.66	117.4					-578	Tulangan Tunggal	0.602	0.0015	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
517	500	700	624.5	75.5	5	60.42	67.13	281.03	100	2975	695.56	-628	Tulangan Tunggal	0.3443	0.0009	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	212.09	235.7					-460	Tulangan Tunggal	1.2085	0.0031	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	106.04	117.8					-578	Tulangan Tunggal	0.6042	0.0015	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	240.09	266.8					-429	Tulangan Tunggal	1.368	0.0035	0.0035	1093.7	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
651	500	700	624.5	75.5	4	120.04	133.4	281.03	100	2975	695.56	-562	Tulangan Tunggal	0.684	0.0017	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	60.02	66.69					-629	Tulangan Tunggal	0.342	0.0009	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	131.05	145.6					-550	Tulangan Tunggal	0.7467	0.0019	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	128.54	142.8					-553	Tulangan Tunggal	0.7324	0.0019	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
743	500	700	624.5	75.5	3	282.60	314	281.03	100	2975	695.56	-382	Tulangan Tunggal	1.6103	0.0041	0.0041	1293	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	141.30	157					-539	Tulangan Tunggal	0.8051	0.0020	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	70.65	78.5					-617	Tulangan Tunggal	0.4026	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	230.90	256.6					-439	Tulangan Tunggal	1.3157	0.0034	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
743	500	700	624.5	75.5	2	115.45	128.3	281.03	100	2975	695.56	-567	Tulangan Tunggal	0.6578	0.0017	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	76.81	85.34					-610	Tulangan Tunggal	0.4377	0.0011	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced

518	500	700	624.5	75.5	4	80.53	89.48	281.03	100	2975	695.56	-606	Tulangan Tunggal	0.4589	0.0012	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	57.73	64.14					-631	Tulangan Tunggal	0.3289	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	193.49	215					-481	Tulangan Tunggal	1.1025	0.0028	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	96.75	107.5					-588	Tulangan Tunggal	0.5513	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	163.88	181.9					-514	Tulangan Tunggal	0.9326	0.0024	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
519	500	700	624.5	75.5	4	81.84	90.93	281.03	100	2975	695.56	-605	Tulangan Tunggal	0.4663	0.0012	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	54.12	60.13					-635	Tulangan Tunggal	0.3084	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	164.27	182.5					-513	Tulangan Tunggal	0.936	0.0024	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	82.13	91.26					-604	Tulangan Tunggal	0.468	0.0012	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	192.89	214.3					-481	Tulangan Tunggal	1.0991	0.0028	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
742	500	700	624.5	75.5	4	96.45	107.2	281.03	100	2975	695.56	-588	Tulangan Tunggal	0.5496	0.0014	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	53.44	59.37					-636	Tulangan Tunggal	0.3045	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	77.30	85.89					-610	Tulangan Tunggal	0.4404	0.0011	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	80.05	88.94					-607	Tulangan Tunggal	0.4561	0.0011	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	230.37	256					-440	Tulangan Tunggal	1.3127	0.0034	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
1094	500	700	624.5	75.5	4	115.19	128	281.03	100	2975	695.56	-568	Tulangan Tunggal	0.6563	0.0017	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	57.59	63.99					-632	Tulangan Tunggal	0.3282	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	139.71	155.2					-540	Tulangan Tunggal	0.796	0.0020	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	69.85	77.61					-618	Tulangan Tunggal	0.398	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	27.15	30.16					-665	Tulangan Tunggal	0.1547	0.0004	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
1093	500	700	624.5	75.5	4	36.98	41.09	281.03	100	2975	695.56	-654	Tulangan Tunggal	0.2107	0.0005	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	36.43	40.47					-655	Tulangan Tunggal	0.2076	0.0005	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	108.16	120.2					-575	Tulangan Tunggal	0.6163	0.0016	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	54.08	60.09					-635	Tulangan Tunggal	0.3082	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	87.74	97.49					-598	Tulangan Tunggal	0.4999	0.0013	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
1092	500	700	624.5	75.5	4	43.87	48.74	281.03	100	2975	695.56	-647	Tulangan Tunggal	0.25	0.0006	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	34.74	38.6					-657	Tulangan Tunggal	0.198	0.0005	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	88.05	97.83					-598	Tulangan Tunggal	0.5017	0.0013	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	44.03	48.92					-647	Tulangan Tunggal	0.2509	0.0006	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	107.82	119.8					-576	Tulangan Tunggal	0.6144	0.0016	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
1091	500	700	624.5	75.5	4	53.91	59.9	281.03	100	2975	695.56	-636	Tulangan Tunggal	0.3072	0.0008	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	26.96	29.95					-666	Tulangan Tunggal	0.1536	0.0004	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					1	27.24	30.27					-665	Tulangan Tunggal	0.1552	0.0004	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					2	36.75	40.83					-655	Tulangan Tunggal	0.2094	0.0005	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					3	139.42	154.9					-541	Tulangan Tunggal	0.7944	0.0020	0.0035	1092.9	4	1963.5	OKE	4	D 25	52.8	422.77	MEMENUHI	0.085	0.3	Under Reinforced
					4	69.71	77.46	281.03	100	2975	695.56	-618	Tulangan Tunggal	0.3972	0.0010	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced
					5	36.45	40.5					-655	Tulangan Tunggal	0.2077	0.0005	0.0035	1092.9	3	1472.62	OKE	3	D 25	39.6	320.58	MEMENUHI	0.063	0.3	Under Reinforced

515	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	73.031	27.6	192.9	265.92	-118.9	192.9	265.919	-119.86	0.7012	612.5	OKE	0	0	354.558	1232	354.558	100	141.9	2	ø13	265.46	OKE	OKE	227.337	307.9	-4.7672	1231.5	-4.767	150	-2.8626	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
500	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	81.37	30.7	192.9	274.26	-111.5	192.9	274.258	-111.52	0.5457	612.5	OKE	0	0	365.677	1232	365.677	100	146.4	2	ø13	265.46	OKE	OKE	231.27	307.9	0.47742	1231.5	0.477	150	0.28668	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
632	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	83.046	31.3	192.9	275.93	-109.8	192.9	275.934	-109.84	0.1013	612.5	OKE	0	0	367.912	1232	367.912	100	147.3	2	ø13	265.46	OKE	OKE	232.061	307.9	1.53151	1231.5	1.532	150	0.91964	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
516	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	73.543	27.9	192.9	266.43	-119.3	192.9	266.431	-119.34	0.7224	612.5	OKE	0	0	355.241	1232	355.241	100	142.2	2	ø13	265.46	OKE	OKE	227.578	307.9	-4.4452	1231.5	-4.445	150	-2.6693	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
517	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	73.306	27.7	192.9	266.19	-119.6	192.9	266.194	-119.58	0.7229	612.5	OKE	0	0	354.925	1232	354.925	100	142.1	2	ø13	265.46	OKE	OKE	227.466	307.9	-4.5943	1231.5	-4.594	150	-2.7388	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
631	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	82.623	31.3	192.9	275.71	-110.1	192.9	275.711	-110.06	0.5457	612.5	OKE	0	0	367.615	1232	367.615	100	147.2	2	ø13	265.46	OKE	OKE	231.955	307.9	1.39125	1231.5	1.391	150	0.83542	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
743	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	83.986	31.7	192.9	276.87	-108.9	192.9	276.874	-108.9	0.1314	612.5	OKE	0	0	369.165	1232	369.165	100	147.8	2	ø13	265.46	OKE	OKE	232.504	307.9	2.1227	1231.5	2.123	150	1.27464	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
518	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	73.431	27.9	192.9	266.32	-119.5	192.9	266.319	-119.46	0.1311	612.5	OKE	0	0	355.092	1232	355.092	100	142.2	2	ø13	265.46	OKE	OKE	227.525	307.9	-4.5157	1231.5	-4.516	150	-2.7116	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
519	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	73.251	27.6	192.9	266.14	-119.6	192.9	266.139	-119.64	0.1362	612.5	OKE	0	0	354.852	1232	354.852	100	142.1	2	ø13	265.46	OKE	OKE	227.44	307.9	-4.6289	1231.5	-4.629	150	-2.7795	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
742	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	83.827	31.6	192.9	276.71	-109.1	192.9	276.715	-109.06	0.1306	612.5	OKE	0	0	368.953	1232	368.953	100	147.7	2	ø13	265.46	OKE	OKE	232.429	307.9	2.0227	1231.5	2.023	150	1.21459	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
1094	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	63.191	23.8	192.9	256.08	-129.7	192.9	256.079	-129.7	0.5343	612.5	OKE	0	0	341.439	1232	341.439	100	136.7	2	ø13	265.46	OKE	OKE	222.895	307.9	-10.966	1231.5	-10.96	150	-6.5708	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
1093	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	49.624	18.8	192.9	242.71	-143.1	192.9	242.712	-143.06	0.8235	612.5	OKE	0	0	323.616	1232	323.616	100	129.6	2	ø13	265.46	OKE	OKE	216.39	307.9	-19.363	1231.5	-19.36	150	-11.627	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
1092	500	700	624.5	5.3	3. Tumpuan Kiri (-)	Kiri	4	D	25	1963	66	580.7038	49.725	18.8	192.9	242.61	-143.2	192.9	242.611	-143.16	0.8235	612.5	OKE	0	0	323.481	1232	323.481	100	129.5	2	ø13	265.46	OKE	OKE	216.342	307.9	-19.426	1231.5	-19.43	150	-11.665	2	ø13	265.46	OKE	OKE
					4. Tumpuan Kiri (+)	Kanan	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					5. Lapangan (+)	Kanan & Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
					1. Tumpuan Kanan (-)	Kanan	4	D	25	1963	66	580.7038																																			
					2. Tumpuan Kanan (+)	Kiri	3	D	25	1473	49.5	441.6024																																			
1091	500	700	624.5	5.3	3.																																										

E. Perhitungan Tulangan Torsi

No. Frame	Dimensi				Tu (kN.m)	Vu (kN)	Periksa Persyaratan Puntir					Cek Kekucupan Penampang Torsi										Tulangan Longitudinal Torsi										
	b	h	d	In			λ	Acp	Pcp	Tu _{min}	Cek	Tu _{max}	Tu _{pakai}	bh	hh	Ph	Aoh	Vc	Persa aan (1)	Persa aan (2)	cek	Ao	At _s (mm ²)	At _s (mm ² /mm)	At _s (mm ²)	At _s (mm ²)	Al	Al/4	n	D	As	Cek
	(mm)	(mm)	(mm)	(m)			-	(mm ²)	(mm)	(kN.m)		(kN.m)	(kN.m)	(kN.m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm ²)	(kN)				(mm ²)	(mm ²)	(mm ² /mm)	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	(buah)	(mm)	(mm ²)
19	500	700	624.5	5.3	40.1	333.3	1	350000	2400	18.8	Torsi Dihitung	74.74	40.0951	387	587	1948	2E+05	307.9	1.39	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.346	0.346	674.157	168.539	2	D 13	265.5	OKE	
18	500	700	624.5	5.3	24.61	339.8	1	350000	2400	18.8	Torsi Dihitung	74.74	24.6063	387	587	1948	2E+05	307.9	1.218	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.212	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
17	500	700	624.5	5.3	24.59	339.8	1	350000	2400	18.8	Torsi Dihitung	74.74	24.5933	387	587	1948	2E+05	307.9	1.217	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.212	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
16	500	700	624.5	5.3	40.21	333.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Dihitung	74.74	40.2079	387	587	1948	2E+05	307.9	1.391	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.347	0.347	676.054	169.013	2	D 13	265.5	OKE	
74	500	700	624.5	5.3	4.634	191.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.621	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
73	500	700	624.5	5.3	1.604	192.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.617	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
72	500	700	624.5	5.3	1.666	192.1	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.616	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
71	500	700	624.5	5.3	4.449	191.1	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.62	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
157	500	700	624.5	5.3	4.255	189.7	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.615	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
253	500	700	624.5	5.3	1.887	184.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.591	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
260	500	700	624.5	5.3	1.857	184	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.591	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
154	500	700	624.5	5.3	4.306	189.5	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.614	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
288	500	700	624.5	5.3	3.032	181.9	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.587	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
506	500	700	624.5	5.3	1.869	176.4	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.566	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
509	500	700	624.5	5.3	1.745	176.1	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.565	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
287	500	700	624.5	5.3	3.057	181.7	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.586	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
379	500	700	624.5	5.3	2.439	173.5	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.558	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
510	500	700	624.5	5.3	1.777	167.3	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.537	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
511	500	700	624.5	5.3	1.694	167	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.536	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
378	500	700	624.5	5.3	2.498	173.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.557	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
470	500	700	624.5	5.3	2.385	163.5	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.526	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
512	500	700	624.5	5.3	1.743	157	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.504	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
513	500	700	624.5	5.3	1.675	156.6	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.503	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
469	500	700	624.5	5.3	2.442	163.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.525	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
561	500	700	624.5	5.3	2.46	151.5	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.488	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
514	500	700	624.5	5.3	1.747	144.9	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.466	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
515	500	700	624.5	5.3	1.703	144.6	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.465	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
560	500	700	624.5	5.3	2.516	151.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.487	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
652	500	700	624.5	5.3	2.611	137.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.443	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
516	500	700	624.5	5.3	1.966	121.3	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.391	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
517	500	700	624.5	5.3	1.921	130.7	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.421	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
651	500	700	624.5	5.3	2.681	137	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.443	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
743	500	700	624.5	5.3	2.312	120.4	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.389	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
518	500	700	624.5	5.3	2.984	115	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.374	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
519	500	700	624.5	5.3	2.949	114.8	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.373	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
742	500	700	624.5	5.3	2.367	120.2	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.389	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
1094	500	700	624.5	5.3	4.395	79.28	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.272	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	
1093	500	700	624.5	5.3	3.054	69.83	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaikan	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.234	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE	

1092	500	700	624.5	5.3	3.011	69.72	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaika	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.233	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE
1091	500	700	624.5	5.3	4.422	79.19	1	350000	2400	18.8	Torsi Diabaika	74.74	18.7974	387	587	1948	2E+05	307.9	0.272	4.64412	OKE	2E+05	0.219	0.162	0.219	426.125	106.531	2	D 13	265.5	OKE

LAMPIRAN 3.D
(TABEL OUTPUT SAP GAYA-GAYA PADA PONDASI)

Output Pondasi Sap

Joint	Gaya	1D + 1L	1,2D + 1L + 1Ex	1,2D + 1L + 1Ey	Pu Kolom (1,2D + 1,6L)	Rencana Tipe
896	P	248	361.15	355.49	185.2481	P1
	Mx	0.122	0.884	0.907		
	My	8.828	11.506	12.453		
895	P	269.24	393.25	373.401	197.2468	P2
	Mx	0.0126	0.46	0.787		
	My	0.865	5.973	2.27		
894	P	262.72	386.08	366.158	191.1092	P2
	Mx	0.0109	0.462	0.791		
	My	0.76	5.857	2.152		
893	P	236.15	348.06	342.299	174.6536	P1
	Mx	0.101	0.887	0.877		
	My	8.641	11.303	12.259		
892	P	344.81	452.05	413.776	259.7729	P1
	Mx	0.168	0.941	0.575		
	My	4.417	31.063	11.422		
891	P	316.73	447.08	418.647	393.9448	P2
	Mx	0.0013	0.481	0.353		
	My	3.525	28.713	10.095		
890	P	307.77	437.22	408.798	381.4152	P2
	Mx	0.0029	0.482	0.356		
	My	3.832	29.052	10.434		
889	P	337.07	444	405.636	252.5258	P1
	Mx	0.171	0.95	0.581		
	My	4.33	30.97	11.327		
886	P	373.04	485.21	445.531	281.2462	P1
	Mx	0.0002	0.157	0.44		
	My	4.311	34.024	12.077		
885	P	375.65	488.89	449.227	282.5155	P1
	Mx	0.0013	0.161	0.446		
	My	4.425	34.157	12.208		
877	P	344.83	452.08	413.794	259.782	P1
	Mx	0.166	0.937	0.571		
	My	4.377	31.045	11.384		
	P	317.44	447.9	419.427		

878	Mx	0.0012	0.475	0.352	394.9324	P2	
	My	3.445	28.65	10.013			
879	P	317.41	447.89	419.44	394.8474		
	Mx	0.0005	0.476	0.354			
880	My	3.402	28.599	9.963	261.4381		P1
	P	347.51	455.52	417.158			
	Mx	0.17	0.959	0.581			
873	My	4.393	31.064	11.403	185.4791	P1	
	P	248.34	361.53	355.769			
	Mx	0.12	0.878	0.903			
874	My	8.823	11.52	12.453	198.9952	P2	
	P	271.61	396.03	375.994			
	Mx	0.0209	0.464	0.795			
875	My	0.865	6.002	2.276	198.8784		
	P	271.5	395.89	375.895			
	Mx	0.0171	0.462	0.797			
876	My	0.852	5.987	2.262	185.8345	P1	
	P	248.88	362.23	356.403			
	Mx	0.113	0.872	0.9			
888	My	8.848	11.548	12.482	264.7727	P3	
	P	214.16	351.65	308.025			
	Mx	0.0098	0.111	0.116			
887	My	0.458	25.953	6.939	263.7551		
	P	213.44	350.89	307.244			
	Mx	0.002	0.102	0.1			
883	My	0.429	25.904	6.909	283.5662		
	P	229.2	355.21	288.221			
	Mx	0.0032	0.119	0.326			
884	My	3.599	31.324	10.816	283.2625		
	P	229.01	355.01	288.023			
	Mx	0.0047	0.122	0.332			
881	My	3.437	31.139	10.631	265.2153		
	P	214.47	352.04	308.379			
	Mx	0.0134	0.112	0.117			
882	My	0.412	25.896	6.892	264.7827		
	P	214.18	351.68	308.061			
	Mx	0.0008	0.0968	0.101			
	My	0.444	25.933	6.929			

BIODATA PENULIS



Windy Untari Sunyoto, lahir di Surabaya, 28 Maret 1996, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Cendrawasih tahun 2002, SDN Pacerkeling V Surabaya tahun 2008, SMPN 1 Surabaya tahun 2011, dan SMA Trimurti Surabaya tahun 2014. Setelah lulus dari SMA, penulis diterima di program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000025. Total 8 semester

dan 144 sks telah dijalani penulis hingga lulus dari program studi Diploma IV Teknik Sipil (Bangunan Gedung) ini. Penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil sebagai sekertaris departemen Riset dan Teknologi (RISTEK) pada periode 2015-2016. Penulis sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN pada Proyek Pembangunan Apartemen Grand Dharmahusada Lagoon. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: windyuntari28@gmail.com