



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 180609

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BETON
BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT
MUHAMMADIYAH DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

ANGGITA NILAMSARI
NRP. 10111600000047

AHMAD FARID
NRP. 10111600000081

Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti, M.T
NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 180609

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BETON
BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT
MUHAMMADIYAH DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

ANGGITA NILAMSARI
NRP. 1011160000047

AHMAD FARID
NRP. 1011160000081

Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti, M.T
NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - VC 180609

**RE-PLAINNING OF REINFORCED CONCRETE
STRUCTURES OF MUHAMMADIYAH
HOSPITAL BUILDING USING THE
INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME
SYSTEM (IMRFS)**

ANGGITA NILAMSARI
NRP. 1011160000047

AHMAD FARID
NRP. 1011160000081

Dosen Pembimbing
Ir. Srie Subekti, M.T
NIP. 19560520 198903 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

**LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BETON
BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT
MUHAMMADIYAH DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)**

TUGAS AKHIR

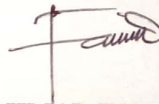
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
pada
Konsentrasi Bangunan Gedung
Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

MAHASISWA I



ANGGITA NILAMSARI
NRP. 1011160000047

MAHASISWA II



AHMAD FARID
NRP. 1011160000081

Disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



HERI SUBEKTI, M.T
NIP. 19560520 198903 2 001
SURABAYA, 28 JANUARI 2020

29 JAN 2020



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

No. Agenda :
-/890/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2020

Tanggal : 14/01/2020

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)		
Nama Mahasiswa 1	Anggita Nilamsari	NRP	10111600000047
Nama Mahasiswa 2	Ahmad Farid	NRP	10111600000081
Dosen Pembimbing 1	Ir. Srie Subekti, MT. NIP. 19560520 198903 2 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	.	Tanda tangan	-

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<i>cek semua gambar cek semua perbedaan pada gambar cek SRPMM, pondasi</i>	 Nur Ahmad Husin, ST., MT. NIP. 19720115 199802 1 001
<i>Tinjauan kembali dan perbaikan: detail, latar belakang, tinjauan Pustaka, Batasan masalah, metode pengambilan data, dan lain-lain</i>	 Ir. Sungkono, CES NIP. 19591130 198601 1 001
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Nur Ahmad Husin, ST., MT. NIP. 19720115 199802 1 001	Ir. Sungkono, CES NIP. 19591130 198601 1 001	-	-

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ir. Srie Subekti, MT. NIP. 19560520 198903 2 001	-



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) Anggita Nilamsari 2) Ahmad Farid
 NRP : 1) 10111600000097 2) 10111600000081
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah dengan Metode Sistem Rangka Penikul Momen Menengah (SRPMM)
 Dosen Pembimbing : Ir. Sri Subekti., MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	Januari 2019	• Tambahkan metode pelaksanaan				
		• Tambahkan gambar perencanaan (lantai 1, 2, dan atap)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Judul : Perencanaan struktur ... Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah				
		• Tidak ada penambahan lantai				
2	14 Januari 2019	• Gambar diperbesar dan antumkan di lampiran		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Tambahkan keterangan di setiap gambar				
		• Perbaiki Abstrak, cek data tulis laporan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	17 Januari 2019	Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah dengan Metode SRPMM		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Gambar di denah dilengkapi garis potongan				
		• Tambahkan tangga		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		• Keterangan : Mutu baja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		• Keterangan : denah lantai 2 dan 3 sama				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

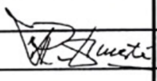
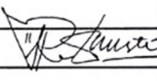
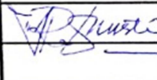


KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

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 Argyta Nilansari 2 Ahmad Farid
 NRP : 1 10116000007 2 101160000081
 Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur gedung Beton Bertulang Gedung Rumah sakit Muhammadiyah Dengan Metode Sistem Rangka pemikul Momen Menengah (RPM)
 Dosen Pembimbing : Ir. Sri Subekti, M.P.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan			
4.	27 Maret 2019	1. Notasi mebel					
		2. Keterangan ukuran di setiap gambar denah			B	C	K
		3. Lantai ramp dihilangkan dibuat datar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		4. Setiap ada dinding di lantai atasnya harus ada balok dibawahnya.			B	C	K
		5. Gambar perhitungan tangga, (sketsa)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		6. Pelajari lagi sisi dan cari referensi lain			B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5.	12 Juni 2019	1. Selanjutnya : Perhitungan gempa					
		2. portal melintang 1 yang terbesar			B	C	K
		3. portal memanjang 1 yang terbesar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		4. Pembebanan anak tangga dimasukkan ke pelat tangga					
6	27 Juni 2019	1. Dicanumkan perhitungan perhitungan interpolasi Ss			B	C	K
		2. Ramp tetap dicanumkan di gambar tetapi perlu bahasan masalah ramp		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Ket. :
 B = Lebih cepat 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 Anggita Nilamsari 2 Ahmad Faiz
NRP : 1 10111600000087 2 10111600000081
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Ulang Struktur gedung Beton Bertulang Gedung Ramah
 Sakeit Muhammadiyah Dengan metode Sistem Rangka Penikul Momen
 Menengah (SRPMN)
Dosen Pembimbing : Ir. SRIE SUBERTI, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9.	5 November 2019	1. Tambahkan sketsa tebal pelat (d... pada perhitungan penulangan pelat).				
		2. Sumber SNI ditulis per pasal		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Kurangi jumlah tulangan balok atau menggunakan diameter lebih kecil (D19)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Tambahkan sketsa pada perhitungan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	22 November 2019	1. Perbaiki keterangan pada sketsa balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. perbaiki uraian sketsa dan gambar detail penulangan balok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		3. Tidak perlu tulangan puring pada balok anak sesuai dengan SNI		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		4. Perbesar sketsa pada perhitungan penulangan kolom		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	6. Desember 2019	1. Perjelas penggambaran momen tumpuan		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		2. Persyaratan penggunaan tulangan lentur dugaal atau ganda (disertai sumber buku atau SNI)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat 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. Anggita Rizkiansari
 2. Ahmad. Farid
NRP : 1. 1011600002027
 2. 1011600002081
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Gedung Rumah Sabit Muhammadiyah Dengan metode Sistem Rangka pemikul momen Anonengah (SRPMN)
Dosen Pembimbing : Ir. SRIE SUBEKTI, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
12.	13 Desember 2019	1. Pelajari lagi tentang syarat tulangan puntir		
		2. Detail tulangan balok salah satu keterangan jarak tulangan geser.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		3. Cek panjang pengalusan tulangan dari lapangan ke tumpuan		
		4. Perbaiki gambar detail pembebasan slope dan pondasi		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		5. Cara pemasangan tiang pemancang		
		6. Pelajari lagi materi tentang pondasi		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
13.	3 Januari 2020	1. Tambahkan keterangan Tipe dan ukuran kolom & balok		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		2. Layout, Denah, tampak, potongan melintang dan memanjang		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		3. Tambahkan keterangan skala di setiap gambar		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		4. Gambar detail tulangan pelat dipelajari lagi (celu lagi)		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		5. Tulangan pada pelat yg dipasang sedikit lebih dahulu adalah berfungsi pengadegan		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

- Ket. :**
 B = Lebih cepat 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 Anggita Nikasari 2 Ahmad Faid
NRP : 1 1011600000007 2 1011600000081
Judul Tugas Akhir : Perencanaan ulang struktur gedung Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Dengan Sistem Rangka Perintang Momen Menengah (SRPMH)
Dosen Pembimbing : Ir. SRE SUBEPTI, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
13	3 Januari 2020	6. Tambahkan detail tulangan tangga (diperbesar)				
		7. Perbaiki Gambar detail penulangan balok,		B	C	K
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		8. Panjang penyaluran penulangan balok				
				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 = Terlambat dari jadwal

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR BETON
BERTULANG GEDUNG RUMAH SAKIT
MUHAMMADIYAH DENGAN METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH
(SRPMM)**

Nama Mahasiswa : Anggita Nilamsari
NRP : 101116 000 000 47
Jurusan : Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil FV-ITS
Nama Mahasiswa : Ahmad Farid
NRP : 101116 000 000 81
Jurusan : Diploma III Teknik Infrastruktur
Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Srie Subekti,MT

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan terutama bangunan gedung bertingkat memerlukan suatu analisis struktur yang mengarah pada perencanaan bangunan tahan gempa. Dalam tugas akhir terapan ini, penulis mempelajari bagaimana merancang elemen-elemen struktur pada bangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah agar gedung tersebut mampu mendukung beban-beban yang bekerja. Beban-beban yang dianalisis meliputi beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin dan beban gempa.

Perancangan dilakukan dengan konsep desain kapasitas yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 mengenai “Peraturan Persyaratan Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung” dan peraturan PBBI 1971 mengenai “Peraturan Beton Bertulang Indonesia”. Pembebanan gedung menggunakan peraturan PPIUG 1983 mengenai “Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung”. Pembebanan gempa menggunakan peraturan SNI 1726-2012 mengenai “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung” dengan metode statik ekuivalen. Dalam analisa gaya dan momen menggunakan aplikasi SAP2000 dibantu dengan aplikasi lainnya. Hasil dari perhitungan perencanaan berupa gambar kerja dari struktur atas (kolom,balok,pelat) sampai struktur bawah (pondasi).

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan diperoleh struktur atas yang terdiri dari 3 jenis balok induk,2 jenis balok anak,1 jenis balok bordes dengan tulangan lentur D19 untuk balok induk , balok anak serta balok bordes. Struktur Sloof terdapat terdapat 2 jenis sloof induk dengan tulangan D22 .Tulangan sengkang menggunakan tulangan polos berdiameter Ø10 baik pada struktur balok dan sloof.Struktur kolom terdapat 2 tipe dengan penulangan lentur menggunakan D22 dan geser Ø10 . Struktur Pelat lantai dan atap memiliki ketebalan masing-masing 14 cm dan 12 cm , tulangan yang digunakan berdiameter Ø12.Pelat tangga dan pelat bordes tebal pelat 12 cm menggunakan tulangan D13. Struktur pondasi menggunakan tiang pancang dengan 5 tipe pile cap. Penulangan pile cap P1,P2,P3,P4,P5 menggunakan tulangan D22.Pada akhir juga disertakan metode pelaksanaan dari pekerjaan kolom.

Kata Kunci : Bangunan Gedung, Statik Ekuivalen, SRPMM.

RE-PLAINNING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN MUHAMMADIYAH HOSPITAL BUILDING USING THE INTERMEDIATE MOMENT RESISTING FRAME SYSTEM (SRPMM)

Student 1 : **Anggita Nilamsari**
NRP : **101116 000 000 47**
Program : **Diploma III**
Civil Infrastucture Engineering
FV-ITS

Student 2 : **Ahmad Farid**
NRP : **101116 000 000 81**
Program : **Diploma III**
Civil Infrastucture Engineering
FV-ITS

Cousellor Lecture : **Ir. Srie Subekti,MT**

ABSTRACT

Planning the structure of buildings, especially high-rise buildings requires a structural analysis that leads to earthquake resistant building planning. In this final project, the author studies about how to design structural elements in the Muhammadiyah Hospital so that the building is able to support the load that work. The loads analyzed included dead load, live load, rain load, wind load, and earthquake load.

The design is carried out with the design concept that meets the requirements of SNI 03-2847-2013 regarding "Regulations on Reinforced Concrete Requirements for Buildings" and the 1971 PBBI regulation on "Indonesian Reinforced Concrete Regulations". Building loading uses the 1983 PPIUG regulation on " Indonesian Loading Regulation for Building". The

earthquake loading uses SNI 1726-2012 regarding "Procedures for Planning Earthquake Resilience for Building and Non-Building Structures" using the static equivalent method. In the analysis of styles and moments using the SAP2000 application assisted with other applications.

The results of the calculation of planning in the form of working drawings from the upper structure (columns, beams, plates) to the bottom structure (foundation).

Based on the results of planning calculations, the upper structure consists of 3 types of beams, 2 types of joists, 1 type of landing beams with flexural reinforcement D19 for main beams, joists and bordes. Sloof structure there are 2 types of main sloof with reinforcement D22. The stirrup reinforcement uses plain reinforcement $\emptyset 10$ in both beam and sloof structure. Column structure has 2 types with bending reinforcement using D22 and shear $\emptyset 10$. The structure of the floor and roof plates has a thickness of 14 cm and 12 cm respectively, the reinforcement used is $\emptyset 12$ in diameter. The staircase plate and bordes plate are 12 cm thick using the D13 reinforcement. The foundation structure uses piles with 5 types of pile cap. Reinforcement of pile cap P1, P2, P3, P4, P5 using reinforcement D22. At the end also included the method of implementation of column work.

Keywords: Buildings, Static Equivalents, SRPMM.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya, kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir Terapan dengan judul “Perencanaan Ulang Struktur Beton Bertulang Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)”. Penulis memilih judul tersebut agar bisa merencanakan ulang gedung dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah berdasarkan kategori desain seismik wilayah atau daerah.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada :

1. Kedua orang tua dan saudara – saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materil.
2. Bapak M. Khoiri, ST., MT., Ph.D, selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Ibu Ir. Srie Subekti, MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan proposal tugas akhir terapan.
4. Teman – teman angkatan yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan saran – saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proposal tugas akhir terapan ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir Terapan ini.

Akhir kata, semoga apa yang kami sajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terlibat.

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penulisan	2
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Data Perencanaan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Mengah (SRPMM).....	6
2.3 Pembebanan.....	7
2.4 Data Tanah.....	7
2.5 Gempa.....	7
BAB III METODOLOGI.....	9
3.1 Pengumpulan Data.....	11

3.2	Perencanaan Dimensi Struktur (<i>Preliminary Design</i>)	11
3.3	Analisa Pembebanan.....	12
3.4	Permodelan Struktur	13
3.5	Analisa Gaya Dalam.....	14
3.6	Modifikasi dan Penentuan kriteria Desain.....	15
3.6.1	Modifikasi Struktur	15
3.7	Perhitungan Tulangan.....	16
3.8	Perencanaan Struktur Sekunder.....	16
3.8.1.	Perencanaan Pelat Lantai	16
3.8.2.	Perencanaan Tangga.....	18
3.9	Struktur Primer	20
3.9.1.	Perencanaan Balok	20
3.9.2.	Perencanaan Kolom.....	24
3.9.3.	Perencanaan Sloof.....	25
3.9.4.	Perencanaan Pondasi	27
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1.	Perencanaan Dimensi Struktur	29
4.1.1.	Perencanaan Dimensi Balok.....	29
4.1.2.	Preliminary Kolom	33
4.1.3.	Preliminary Pelat	36
4.1.4.	Preliminary Tangga	45
4.1.5.	Preliminary Sloof	50

4.2.	Pembebanan Struktur.....	52
4.2.1.	Beban Gravitasi	52
4.2.2.	Beban Mati (DL)	52
4.2.3.	Beban Hidup (LL)	57
4.3.	Perhitungan pembebanan.....	82
4.4.	Perencanaan Struktur Sekunder	85
4.4.1.	Perencanaan Pelat Lantai	85
4.4.2.	Perencanaan Struktur Tangga.....	105
4.5.	Perencanaan Struktur Primer	123
4.5.1.	Perencanaan Balok	123
4.5.2.	Perencanaan Kolom.....	187
4.5.3.	Perencanaan Sloof.....	220
4.5.4.	Perencanaan Pondasi	243
BAB V PENUTUP		341
DAFTAR PUSTAKA		345
LAMPIRAN 1		347

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan.....	10
Gambar 3. 2 Flowchart Perencanaan Pelat Lantai.....	17
Gambar 3. 3 Flowchart Perencanaan Tangga.....	20
Gambar 3. 4 Flowchart Perencanaan Balok.....	21
Gambar 3. 5 Flowchart Perencanaan Tulangan Lentur Balok.....	22
Gambar 3. 6 Flowchart Perencanaan Geser Kolom.....	24
Gambar 3. 7 Flowchart Perencanaan Kolom.....	24
Gambar 3. 8 Flowchart Perencanaan Tulangan Lentur Sloof.....	25
Gambar 3. 9 Flowchart Perencanaan Tulangan Geser Sloof.....	26
Gambar 3. 10 Flowchart Perencanaan Pondasi.....	27
Gambar 4. 1 Denah Kolom (K1).....	33
Gambar 4. 2 Denah Kolom (K2).....	35
Gambar 4. 3 Denah Perencanaan Pelat.....	37
Gambar 4. 4 Sketsa Tangga.....	46
Gambar 4. 5 Sketsa Perencanaan Dimensi Tangga Lantai 1.....	47
Gambar 4. 6 Sketsa Perencanaan Dimensi Tangga Lantai 2.....	49
Gambar 4. 7 Denah Perencanaan Sloof.....	50
Gambar 4. 8 Hasil Kecepatan Angin untuk Daerah Samarinda ..	62
Gambar 4. 9 Ilustrasi Tekanan Angin Paada Dinding.....	68
Gambar 4. 10 Ketentuan Bentang Paada Analisa.....	88
Gambar 4. 11 Sketsa Pelat Tipe B-1.....	88
Gambar 4. 12 Denah Pelat Lantai.....	92
Gambar 4. 13 Sketsa Tulangan Pelat.....	93
Gambar 4. 14 Denah Pelat Lantai.....	98
Gambar 4. 15 Sketsa Tulangan Pelat.....	99
Gambar 4. 16 Denah Lokasi Tangga.....	106
Gambar 4. 17 Sketsa Panjang Miring Tangga.....	108
Gambar 4. 18 Free Body Diagram.....	111
Gambar 4. 19 Free Body Diagram.....	113
Gambar 4. 20 Hasil Anaslisa SAP 2000.....	116

Gambar 4. 21 Rencana Denah Pembalokan (Balok Induk B1) .	123
Gambar 4. 22 Sketsa Penampang Balok Induk (BI1).....	124
Gambar 4. 23 Hasil Output SAP 2000 Momen Puntir Balok Induk Tipe BI1.....	125
Gambar 4. 24 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Induk Tipe BI1	125
Gambar 4. 25 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Tipe BI1.....	126
Gambar 4. 26 Hasil Output Momen Lentur Lapangan Balok Induk Tipe BI1	126
Gambar 4. 27 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Tipe BI1 ..	126
Gambar 4. 28 Penampang Balok Induk B1	156
Gambar 4. 29 Denah Rencana Pembalokan Balok Anak (BA1)	157
Gambar 4. 30 Sketsa Penampang Balok Anak (BA1).....	158
Gambar 4. 31 Hasil Output SAP 2000 Momen Puntir Balok Anak (BA1).....	159
Gambar 4. 32 Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri Balok Anak (BA1)	159
Gambar 4. 33 Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan Balok Anak (BA1)	159
Gambar 4. 34 Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan Balok Anak (BA1).....	160
Gambar 4. 35 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Anak (BA1).....	160
Gambar 4. 36 Penampang Balok Anak Tipe B2 Joint 2-3	187
Gambar 4. 37 Denah Perencanaan Kolom K1.....	188
Gambar 4. 38 Lokasi Kolom yang Ditinjau	189
Gambar 4. 39 Sketsa Penampang Kolom.....	190
Gambar 4. 40 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial Kombinasi Kolom (K1)	191
Gambar 4. 41 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial Kolom (K1)	191

Gambar 4. 42 Output SAP 2000 Mlns Kombinasi 1.2 D+1.6L+0.5LR.....	191
Gambar 4. 43 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2 D+1.6L+0.5LR.....	192
Gambar 4. 44 Output SAP 2000 Mlns Kombinasi 1.2 D+1.6L+0.5LR.....	192
Gambar 4. 45 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2 D + 1.6L + 0.5 LR.....	192
Gambar 4. 46 Output SAP 2000 Mlns Kombinasi 1.2 D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey.....	193
Gambar 4. 47 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2 D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey.....	193
Gambar 4. 48 Output SAP 2000 Mlns Kombinasi 1.2 D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey.....	193
Gambar 4. 49 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2 D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey.....	194
Gambar 4. 50 Rangka Bergoyang	196
Gambar 4. 51 Diagram Interaksi	199
Gambar 4. 52 Cek Kondisi Balance	201
Gambar 4. 53 Diagram Interaksi	206
Gambar 4. 54 Cek Kondisi Balance	208
Gambar 4. 55 Hasil Output PCACOL.....	212
Gambar 4. 56 Hasil Output PCACOL.....	212
Gambar 4. 57 Hasil Output PCACOL.....	214
Gambar 4. 58 Sketsa Mnt dan Mnb Kolom.....	214
Gambar 4. 59 Penampang dan Dimensi Tulangan Kolom K1 ..	219
Gambar 4. 60 Denah Rencana Pembalokan Sloof.....	220
Gambar 4. 61 SKetsa Penampang Sloof.....	221
Gambar 4. 62 Hasil Output sap 2000 Momen Puntir Balok Sloof	222
Gambar 4. 63 Hasil Output Sap 2000 Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Sloof.....	222

Gambar 4. 64 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Sloof	222
Gambar 4. 65 Hasil Output SAP 2000 Momen Lntur Lapangan Balok Sloof.....	222
Gambar 4. 66 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser.....	223
Gambar 4. 67 Penampang dan Dimensi Balok Sloof (TB1)	243
Gambar 4. 68 Gambar Rencana Pondasi.....	244
Gambar 4. 69 Sketsa Pondasi.....	254
Gambar 4. 70 Rencana Dimensi Pondasi Pilecap P1	257
Gambar 4. 71 Rencana Pondasi Pilecap P2.....	261
Gambar 4. 72 Sketsa Geser Satu Arah pada Pile Cap Akibat Kolom.....	263
Gambar 4. 73 Geser Dua Arah di Sekitar Kolom.....	265
Gambar 4. 74 Geser Dua Arah di Sekitar Tiang Pancang	267
Gambar 4. 75 Sketsa Penulangan Pile Cap Arah X.....	269
Gambar 4. 76 Penulangan Pile Cap Arah Y	272
Gambar 4. 77 Rencana Dimensi Pondasi Pilecap P2	277
Gambar 4. 78 Rencana Pondasi Pile Cap P3	284
Gambar 4. 79 Geser Dua Arah Sekitar Pancang	287
Gambar 4. 80 Penulanagan Pile Cap P3 Arah X.....	289
Gambar 4. 81 Penulangan pile cap P3 arah Y	292
Gambar 4. 82 Rencana Dimensi Pile Cap P3	297
Gambar 4. 83 Rencana Dimensi Pile Cap P4.....	299
Gambar 4. 84 Geser Dua Arah di Sekitar Kolom.....	304
Gambar 4. 85 Geser Dua Arah di Sekitar Pancang	306
Gambar 4. 86 Sketsa Pilecap	309
Gambar 4. 87 Sketsa Pile Cap	312
Gambar 4. 88 Sketsa Rencana Dimensi Pile Cap P4.....	317
Gambar 4. 89 Rencana Pilecap P5	318
Gambar 4. 90 Rencana Pondasi P5	322
Gambar 4. 91 Rencana Posisi Pilecap	323
Gambar 4. 92 Rencana Tebal Efektif Pilecap	325
Gambar 4. 93 Sketsa Pondasi Pile Cap	327

Gambar 4. 94 Geser Dua Arah di Sekitar Pancang	329
Gambar 4. 95 Rencana Pondasi P5	339

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Material Dinding	53
Tabel 4. 2 Spesifikasi Lift	55
Tabel 4. 3 Kategori Risiko Bangunan	60
Tabel 4. 4 Faktor Arah Angin (K_d).....	63
Tabel 4. 5 Kategori Eksposur.....	64
Tabel 4. 6 Koefisien Tekanan Internal (G_{Cpi}).....	65
Tabel 4. 7 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas K_h dan K_z	66
Tabel 4. 8 Koefisien Tekanan Dinding C_p	67
Tabel 4. 9 Kategori Resiko Suatu Bangunan.....	70
Tabel 4. 10 Faktor Keutamaan Gempa (I_e).....	70
Tabel 4. 11 Hasil Tes Tanah SPT.....	71
Tabel 4. 12 Tabel Koefisien Situs F_a	72
Tabel 4. 13 Tabel Koefisien Situs F_v	73
Tabel 4. 14 Kategori Desain Seismik SD_s	74
Tabel 4. 15 Kategori Desain Seismik SD_1	74
Tabel 4. 16 Periode Fundamental Struktur (T_a).....	75
Tabel 4. 17 Parameter Percepatan	77
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Berat Per Lantai Bangunan (W)	79
Tabel 4. 19 Gaya Lateral Per Lantai.....	80
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Distribusi Gempa Per Lantai	81
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Beban Gempa Per Lantai.....	81
Tabel 4. 22 Perhitungan Pembebanan Pelat Atap	83
Tabel 4. 23 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai 2-5.....	83
Tabel 4. 24 Perhitungan Pembebanan Pelat Tangga	84
Tabel 4. 25 Perhitungan Pembebanan Pelat Bordes.....	84
Tabel 4. 26 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai	86
Tabel 4. 27 Beban Hidup Pelat Lantai.....	86
Tabel 4. 28 Koefisien Momen momen pada pelat.....	87
Tabel 4. 29 Rekapitulasi Momen yang Terjadi pada Pelat Lantai	91
Tabel 4. 30 Pembebanan pada Pelat Tangga.....	109

Tabel 4. 31 Pembebanan Pelat Bordes	109
Tabel 4. 32 Perhitungan Momen Distribusi	113
Tabel 4. 33 Daya Dukung Tanah.....	246
Tabel 4. 34 Gaya–Gaya yang Terjadi pada Pondasi Joint 1	250
Tabel 4. 35 Perhitungan Jarak Tiang Panjang Arah X dan Y ...	252
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Gaya Akibat Pengaruh Kombinasi	253
Tabel 4. 37 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Joint 86	259
Tabel 4. 38 Tabel Perhitungan Jarak Arah X dan Y.....	261
Tabel 4. 39 Rekapitulasi Kombinasi Beban	262
Tabel 4. 40 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Joint 22	279
Tabel 4. 41 Perhitungan Jarak Tiang Pancang Arah X dan Y...	281
Tabel 4. 42 Gaya Akibat Pengaruh Kombinasi	282
Tabel 4. 43 Gaya gaya yang terjadi pada joint 23	299
Tabel 4. 44Perhitungan Jarak Arah X dan Y.....	301
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Gaya yang Terjadi pada Pondasi Joint 82, 101 dan 107	319
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Nilai Eksentrisitas.....	320
Tabel 4. 47 Rekapitulasi Gaya dan Momen Akhir Pondasi P5 .	321
Tabel 4. 48 Perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat	324
Tabel 4. 49 Kombinasi Beban	325

DAFTAR NOTASI

Berikut ini disampaikan daftar notasi yang dipakai di dalam penulisan Proposal Tugas Akhir Terapan ini beserta dengan artinya:

A_g	= Luas penampang bruto komponen struktur, mm^2
A_s	= Luas tulangan tarik longitudinal non-prategang, mm^2
A_s'	= Luas tulangan tekan, mm^2
A_{cp}	= Luas tulangan Tarik utama dalam korbel atau brakit (bracket), mm^2
A_{cp}	= Luas penampang keseluruhan
A_{oh}	= Luas penampang komponen struktur yang diukur sampai tepi luar tulangan transversal, mm^2
A_{sc}	= Luas tulangan tulangan longitudinal / lentur rencana yang diperhitungkan dalam memikul momen lentur, mm^2
A_t	= Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam spasi s , mm^2
A_v	= Luas tulangan geser berspasi s , mm^2
b	= Lebar daerah tekan komponen struktur (mm)
bw	= Lebar badan (web), tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran, mm
d	= Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
db	= Diameter tulangan
D	= Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E	= Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
f_c'	= Kekuatan tekan beton (MPa)
f_y	= Kuat leleh baja yang disyaratkan (MPa)
f_{yt}	= Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan f_y , MPa
F_a	= Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek

F_u	= Kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)
F_v	= Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran 1 perioda 1 detik
h	= Tebal atau tinggi total komponen struktur (mm)
k	= Faktor panjang efektif untuk komponen struktur tekan
ld	= Panjang penyaluran tarik batang tulangan ulir, kawat ulir, tulangan kawat las polos dan ulir atau stand pratarik, mm
l	= Bentang balok
M_n	= Kekuatan lentur nominal pada penampang, N-mm
M_{nc}	= Kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kuat lentur yang terendah, Nmm
M_u	= Momen terfaktor pada penampang, N-mm
R_n	= Kekuatan nominal
s	= Spasi pusat ke pusat suatu benda, misalnya tulangan longitudinal, tulangan transversal, tendon, kawat atau angkur prategang, mm
S_I	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik
S_{DI}	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda 1 detik
S_{DS}	= Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek
S_{max}	= Jarak maksimum sengkang yang diijinkan (mm)
S_{M1}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda 1 detik
S_{MS}	= Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek
S_I	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik
S_S	= Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek
S_n	= Kekuatan lentur, geser atau aksial nominal sambungan

T	= Periode getar fundamental struktur
T_n	= Kekuatan momen torsi nominal, Nmm
T_u	= Momen torsi terfaktor pada penampang, Nmm
V_c	= Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton, N
V_n	= Kekuatan geser nominal, N
V_s	= Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh tulangan geser, N
V_s	= Kekuatan geser yang disediakan oleh tulangan geser, N
V_u	= Gaya geser terfaktor pada suatu penampang (N)
W_u	= Beban terfaktor per satuan panjang balok atau pelat satu arah
α	= Faktor lokasi penulangan
β	= Faktor pelapis
λ	= Faktor beton agregat ringan
\emptyset	= Faktor reduksi beton
ρ	= Rasio tulangan tarik
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Lamongan merupakan gedung tambahan yang difungsikan sebagai ruang rawat inap pasien. Gedung ini memiliki ketinggian 25 m dengan jumlah 5 lantai dan 1 lantai atap, serta memiliki luas 1589.76 m². Lokasi proyek berada di Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 76, Sarirejo, Sukorejo, Kec. Lamongan, Jawa Timur 62215. Berdasarkan lokasi bangunan pada zona gempa termasuk dalam resiko gempa tinggi. Berdasarkan data tanah lokasi bangunan tersebut jenis tanahnya adalah tanah lunak. Sehingga untuk perencanaan ketahanan terhadap gempa jika menggunakan sistem rangka pemikul momen menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Sedangkan pada tugas akhir ini, direncanakan bangunan berada di wilayah dengan resiko gempa sedang atau menengah. Lokasi proyek berada di Jl. DR. Sutomo Kota Samarinda.

Berdasarkan SNI 1726 – 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, ada beberapa sistem struktur yang dapat diterapkan untuk menahan beban gempa yang terjadi, salah satunya yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Dalam Sistem Rangka Pemikul Momen, terdapat 3 jenis sistem berdasarkan kategori desain seismik yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Dari hasil analisis data tanah wilayah tersebut termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) C sehingga perencanaan ketahanan terhadap gempa dapat menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

Sistem Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) merupakan salah satu sistem struktur yang mana komponen-

komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial sesuai dengan SNI 2847:2013 agar dapat merespon gempa tanpa mengalami keruntuhan seketika. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) akan dibahas pada bab selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini, terdapat rumusan masalah yang ditinjau, yaitu :

1. Bagaimana merencanakan struktur gedung Rumah Sakit Muhammadiyah dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah perhitungan struktur dari bangunan gedung Rumah Sakit Muhammadiyah, antara lain :

1. Analisa beban gempa dilakukan dengan metode statik ekuivalen berdasarkan SNI 1726 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
2. Dalam perhitungan struktur Rumah Sakit Muhammadiyah ini tidak memperhitungkan ramp.
3. Perencanaan tidak memperhitungkan desain lift, hanya memperhitungkan beban lift yang akan dimasukkan ke dalam permodelan SAP 2000

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan dari perencanaan struktur gedung Rumah Sakit Muhammadiyah ini adalah :

1. Dapat merencanakan struktur gedung bertingkat Rumah Sakit Muhammadiyah dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

2. Dapat Mengetahui Pengaruh metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah terhadap struktur bangunan gedung.
3. Dapat merencanakan struktur gedung bertingkat Rumah Sakit Muhammadiyah sesuai dengan SNI 1726-2012 mengenai “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung” dan SNI 2847-2013 mengenai “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung” serta pembebanan berdasar SNI 1727-2013 mengenai “Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
4. Mampu menuangkan hasil perhitungan struktur ke dalam gambar teknik.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diperoleh dari penyusunan tugas akhir terapan ini adalah :

1. Bagi penulis, mampu merencanakan struktur bangunan gedung rumah sakit.
2. Bagi penulis, mampu merencanakan dan menghitung bangunan struktur gedung beton bertulang dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
3. Bagi penulis, mampu mengaplikasikan hasil perencanaan ke dalam gambar perencanaan atau gambar teknik sebagai acuan pelaksanaan.
4. Bagi pembaca, mampu memberikan bahan bacaan berupa laporan struktur dan gambar rencana bangunan gedung beton bertulang.
5. Bagi pembaca, diharapkan dapat memberikan manfaat dan informasi secara detail dalam tata cara perencanaan struktur berdasarkan aturan-aturan dan pedoman yang berlaku.

6. Bagi penulis dan pembaca, diharapkan mampu memahami metode pelaksanaan pada elemen struktur balok dan pelat beton.

1.6 Data Perencanaan

- Data Perencanaan Bangunan
 - Nama Gedung : Rumah Sakit Muhammadiyah
 - Tinggi Bangunan : 25 m
 - Jumlah Lantai : 5 Lantai
 - Struktur Atap : Deck Beton
 - Struktur Bangunan atas : Beton Bertulang
 - Struktur Bawah : Pondasi Spun Pile.

- Data Bahan-Bahan yang Digunakan
 - Mutu Beton : 30 MPa
 - Mutu Baja Tulangan Lentur : 400 MPa
 - Mutu Baja Tulangan Geser : 240 MPa

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Struktur bangunan direncanakan dapat meneruskan beban bangunan dari bangunan atas menuju bawah lalu meneruskannya ke pondasi. Proyek pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah dibagi menjadi struktur primer dan sekunder. Struktur Primer terdiri dari balok, kolom, sloof dan pondasi. Untuk referensi struktur balok serta perencanaan dimensi balok menggunakan SNI 2847:1013 pada pasal 9.5(a). Pelindung beton untuk tulangan sesuai dengan (SNI 2847:2013 pasal 7.7.1). Persyaratan spasi tulangan sesuai dengan (SNI 2847:2013 pasal 7.6). Perencanaan kuat lentur dan geser berdasarkan (SNI 2847:2013). Perencanaan struktur kolom harus sesuai dengan (SNI 2847:2013 pasal 7.8) atau harus memenuhi (SNI 2847:2013 pasal 21.3.5.2 hingga 21.3.5.5). Untuk komponen struktur sloof prinsipnya sama seperti balok dengan mencari nilai moment ultimate kanan dan kiri. Untuk pondasi menggunakan pondasi tiang pancang dan data tanah yang digunakan adalah data SPT.

Sedangkan untuk struktur sekunder terdiri dari pelat lantai, pelat atap dan tangga. Pada perencanaan plat terdiri dari 2 macam yaitu perencanaan plat 1 arah dan plat 2 arah. Perencanaan plat satu arah diatur pada (SNI 2847:2013 pasal 9.5.2), untuk ketebalan minimum plat sesuai dengan (SNI 2847:2013 tabel 9.5 (a)), dan lendutan digunakan lendutan elastis (SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2). Perencanaan plat dua arah diatur dalam (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3) dan untuk tebal minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3). Struktur tangga termasuk dalam komponen sekunder dalam perencanaan bangunan, untuk struktur tangga harus sesuai dengan (SNI 2847:2013) dan untuk penulangan plat

anak tangga dan plat bordes menggunakan perhitungan sesuai prinsip perhitungan perencanaan pelat.

2.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Adalah salah satu sistem struktur gedung yang dirancang untuk memikul gaya-gaya yang terjadi akibat gempa untuk bangunan dengan KDS C. Dan harus memenuhi persyaratan dalam SNI 1726-2012 (gempa) dan SNI 2847-2013 pasal 21.3 tentang SRPMM (Beton). Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan sistem rangka pemikul momen menengah menurut SNI 2847-2013 adalah sebagai berikut: Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.3(4), bila beban aksial tekan terfaktor (P_u) pada komponen struktur tidak melebihi ($A_g f_c' / 10$). Bila beban aksial tekan terfaktor (P_u) pada komponen struktur melebihi ($A_g f_c' / 10$), maka pasal 21.3.5 harus dipenuhi.

Bila konstruksi pelat dua arah tanpa balok digunakan sebagai bagian dari sistem rangka pemikul beban lateral, maka detail penulangannya harus memenuhi pasal 21.3.6. Selain itu, kuat geser rencana balok, kolom dan konstruksi pelat dua arah yang memikul beban gempa tidak boleh kurang daripada jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor, atau gaya lintang maksimum yang diperoleh dari kombinasi beban rencana termasuk pengaruh beban gempa, E , dimana nilai E diambil sebesar dua kali nilai yang ditentukan dalam peraturan perencanaan tahan gempa. Struktur bangunan yang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) didesain agar keruntuhan geser tidak boleh terjadi sebelum keruntuhan lentur. Ini dimaksudkan untuk menghindari keruntuhan geser yang bersifat mendadak. Selain itu, penulangan geser pada balok dan kolom dihitung

berdasarkan kapasitas tulangan lentur terpasang (bukan dari hasil analisis struktur). Balok dipaksa runtuh akibat lentur terlebih dahulu dengan membuat kuat geser melebihi kuat lentur.

2.3 Pembebanan

Perencanaan struktur harus dapat menyalurkan beban-bebannya menuju ke pondasi dengan baik tanpa keruntuhan, untuk beban-beban yang berkerja pada sebuah bangunan antara lain yaitu beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa yang dijelaskan pada SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Untuk metode perencanaan yang digunakan adalah metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yang memiliki beberapa metode seperti rangka pemikul biasa, menengah, dan khusus. Untuk perencanaan ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).

2.4 Data Tanah

Salah satu tahapan paling awal yang perlu dilakukan dalam perencanaan bangunan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah penyelidikan tanah. Uji penyelidikan tanah diperlukan untuk klasifikasi situs dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah.

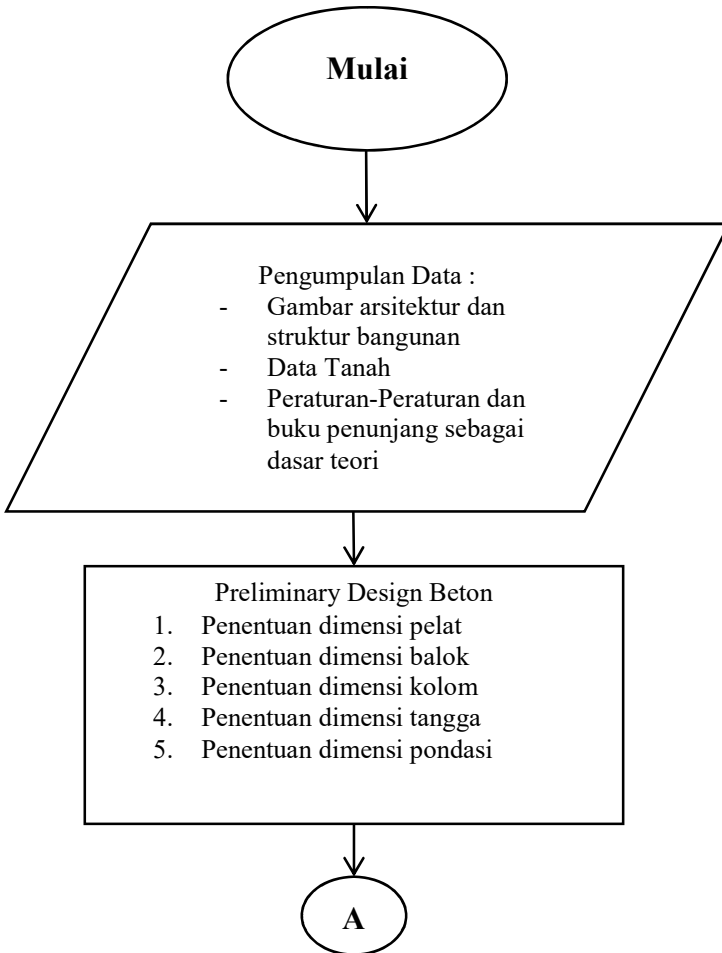
2.5 Gempa

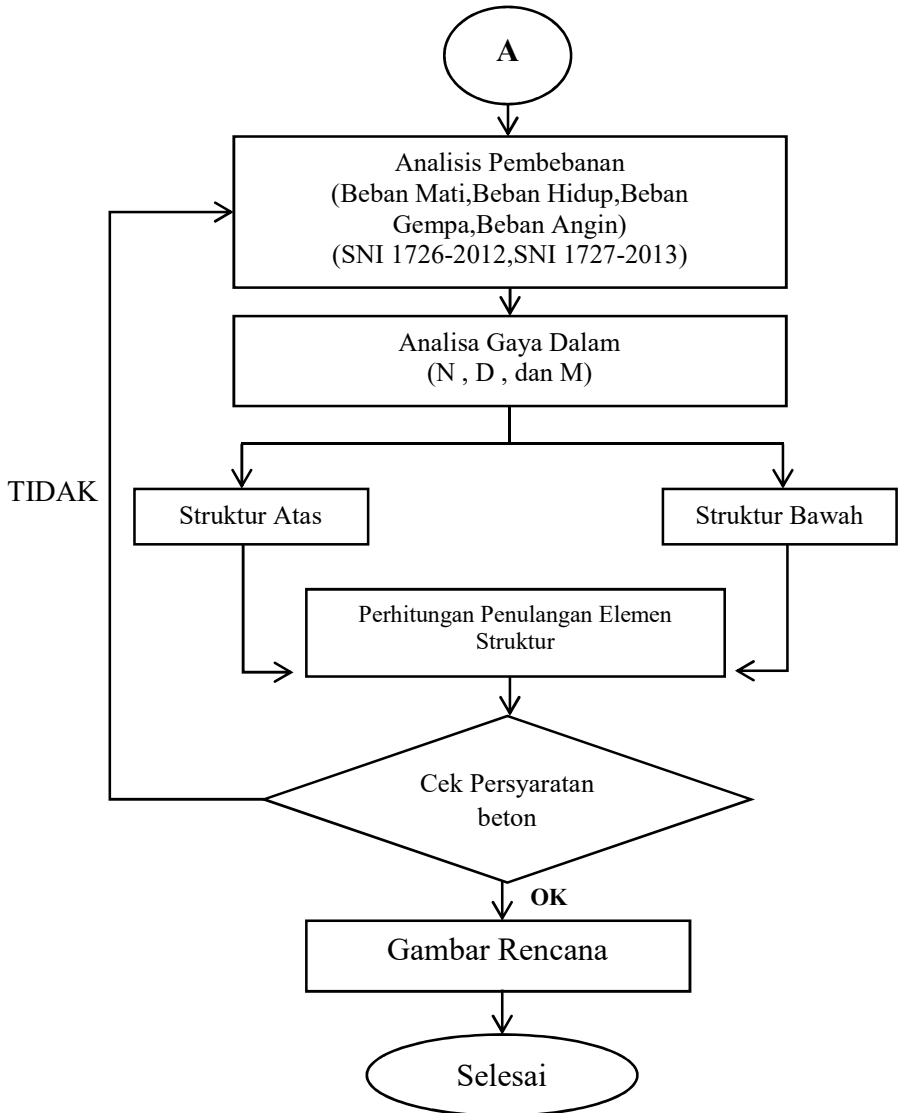
Dalam perencanaan gempa, suatu struktur harus ditetapkan dalam salah satu kategori desain seismik dengan menentukan terlebih dahulu klasifikasi situs yang sesuai dengan SNI 1726-2013 pasal 5.3. Klasifikasi situs ini akan menentukan jenis tanah pada lokasi Proyek Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah. Setelah mengetahui jenis tanahnya, maka akan diketahui parameter percepatan gempa (SNI 1726-2013, pasal 6.1), koefisien situs respon gempa (SNI 1726-2012,

pasal 6.2), percepatan spektral desain (SNI 1726-2012, pasal 6.3), serta spektrum respon desain (SNI 1726-2012, pasal 6.4) dari data diatas akan ditentukan kategori desain seismik sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 6.5. Kategori desain seismik ini akan menentukan tipe sistem rangka apa yang dapat digunakan yang nantinya berpengaruh pada nilai R (Koefisien Modifikasi Respon) dan pendetailan dari desain struktur tersebut.

BAB III METODOLOGI

Langkah – langkah dalam Perencanaan Struktur Bangunan Rumah Sakit Muhammadiyah menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Flowchart Perencanaan Struktur Bangunan

3.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam perencanaan adalah :

- a. Data Tanah pada Bangunan
Data tanah diperoleh dari penyelidikan tanah menggunakan sistem SPT yang outputnya merupakan data SPT yang dilakukan oleh pihak QC (*Quality Control*).
- b. Data-data Teknis Proyek
Data-data teknis proyek pembangunan struktur Rumah Sakit Muhammadiyah sebagai berikut:
 - Nama proyek : Rumah Sakit Muhammadiyah
 - Lokasi Proyek :Jumlah Lantai 5 Lantai
 - Tinggi Bangunan : 25 meter
 - Struktur Atap : Deck Beton/Pelat Beton
 - Struktur Bangunan : Beton Bertulang
 - Struktur Pondasi : Pondasi Spun Pile
 - Data Bahan Material
 - Mutu Beton : 30 MPa
 - Mutu Baja Tulangan Geser (F_y) : 240 MPa
 - Mutu Baja Tulangan Lentur (F_u) : 400 MPa
- c. Gambar Struktur Bangunan
Gambar struktur bangunan digunakan untuk menentukan dimensi elemen-elemen struktur (balok dan sloof, kolom dan pelat).
- d. Gambar Arsitektur Bangunan

3.2 Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Design*)

Penentuan dimensi komponen struktur beton meliputi struktur primer (balok, dan kolom) dan struktur sekunder (pelat lantai, dan pelat atap) dalam perencanaan sebuah bangunan penentuan dimensi ini dinamakan *Preliminary design* Perencanaan awal harus berdasarkan standar yang telah ditetapkan dalam SNI

- a. Struktur Atas
 - Balok (Berdasarkan SNI 2847-2013 tabel 9.5(a))
 - Kolom (Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 8.10)
 - Pelat (Pelat Lantai ,tangga dan atap)
 - Pelat satu arah berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2.1
 - Pelat dua arah berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.3
 - Analisa gaya pada pelat berdasarkan hasil output SAP2000
 - Penulangan pelat berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7
 - Penulangan susut berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 7.12
- b. Struktur Bawah

Struktur bawah bangunan terdiri dari *pile cap* dan pondasi. Untuk perencanaan dimensi struktur bawah harus mempertimbangkan jenis,kondisi dan struktur tanah berdasarkan data tanah yaitu SPT. Serta mempertimbangkan kemampuan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi diatasnya.

3.3 Analisa Pembebanan

Beban – beban yang bekerja pada struktur dihitung berdasarkan beban minimum yang tercantum dalam SNI 1727-2013:

1. Pembebanan pada atap
 - a. Beban mati

Terdiri dari berat seluruh material elemen struktur atap
 - b. Beban hidup

Beban pekerja, beban air hujan dan beban angin
2. Pembebanan pada pelat lantai
 - a. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri pelat, spesi,keramik,plafond dan penggantung,perpipaan dan instalasi listrik.

- b. Beban hidup
Beban hidup pada pelat ditentukan sesuai dengan fungsi bangunannya sesuai dengan SNI 1727-2013.
3. Pembebanan pada tangga dan bordes
 - a. Beban mati
Terdiri dari berat sendiri plat tangga/bordes, anak tangga, spesi, railing dan keramik
 - b. Beban hidup
Beban hidup di tentukan dalam peraturan SNI 1727;2013
4. Beban gempa
Analisa beban gempa menggunakan statik ekuivalen.
5. Beban angin.
Ditentukan sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pasal 26.1.2.1
6. Beban hujan
Beban hujan ditentukan mengacu pada SNI 03-1727-2013 pasal 8.3.

3.4 Permodelan Struktur

Permodelan struktur bangunan ini menggunakan program bantu komputer, yaitu SAP 2000. Komponen-komponen yang dimasukkan ke dalam program analisa struktur yaitu : kolom, balok, pelat lantai, tangga, sloof, dan pondasi. Struktur bangunan rumah sakit dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi (3D). Model struktur bangunan disederhanakan menjadi grid karena kolom dianggap kaku. Bangunan dimodelkan 5 lantai, dengan asumsi terdapat perletakan berupa jepit pada dasar bangunan yang digunakan untuk menahan gaya sehingga dapat dilakukan perhitungan pada struktur pondasi. Dalam perencanaan ini, pondasi diasumsikan tidak mengalami penurunan, pergeseran maupun rotasi. Atap bangunan menggunakan rangka atap baja yang nantinya menerima beban berupa beban mati, beban hidup, beban angin dan beban air hujan. Beban mati dan hidup dimasukkan dengan asumsi searah gravitasi.

Untuk beban dinding, diasumsikan sebagai beban merata yang akan ditumpu oleh balok. Berat dinding disesuaikan dengan berat bahan dinding yang digunakan.

3.5 Analisa Gaya Dalam

Analisis gaya dalam pada perencanaan Rumah Sakit Muhammadiyah menggunakan bantuan program aplikasi analisis struktur SAP 2000. Pembebanan yang digunakan sebagai kombinasi pada program analisis tersebut adalah:

- Momen
- Aksial
- Torsi
- Geser

Pembebanan yang digunakan sebagai kombinasi pada program analisis tersebut berdasarkan SNI 1726-2012 adalah sebagai berikut :

1. Kombinasi Utama :
 - a. $1,4D$
 - b. $1,2D + 1,6L$
 - c. $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
 - d. $1,2D + 1L + 1,6L_r$
 - e. $0,9D + 1W$
 - f. $1,0D + 1L + 0,5L_r$
 - g. $0,9D \pm 1,0E_x \pm 0,3 E_y$
 - h. $0,9D \pm 1,0E_y \pm 0,3 E_x$
 - i. $1,2D \pm 1,0E_x \pm 0,3 E_y + 1L$
 - j. $1,2D \pm 1,0E_y \pm 0,3 E_x + 1L$
2. Kombinasi lain untuk peninjauan bagian struktur lain seperti pondasi dan tangga yaitu dengan menggunakan kombinasi sebagai berikut :
 - a) $1,0D + 1,0L$
 - b) $1,0D + 1,0L + 1,0E_x$
 - c) $1,0D + 1,0L + 1,0E_y$
 - d) $1,2D + 1,6L$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- R = Beban Hujan
- W = Beban Angin
- E = Beban Gempa

Selain dengan program analisis SAP2000, untuk memperhitungkan analisa gaya dalam pada struktur kolom juga digunakan program bantu PCA.Column untuk meninjau ulang apakah perhitungan kapasitas kolom sudah benar dan sesuai dengan SNI 2847-2013.

3.6 Modifikasi dan Penentuan kriteria Desain

3.6.1 Modifikasi Struktur

Modifikasi Struktur bangunan ini bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. 1 Perbandingan Kondisi Bangunan Eksisting dan modifikasi

Eksisting	Modifikasi (Perubahan untuk Keperluan Tugas Akhir)
Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	Sistem Rangka Pemikul momen Menengah (SRPMM)
Lokasi Jl. Jaksa Agung Suprpto No. 76, Sarirejo, Sukorejo, Kec. Lamongan, Jawa Timur	Lokasi Jl. Dr. Sutomo Kota Samarinda
Bangunan berjumlah 5 lantai 1 lantai atap	Bangunan berjumlah 5 lantai 1 lantai atap
Tinggi bangunan 25 m	Tinggi bangunan 25 m

Modifikasi gedung Rumah Sakit Muhammadiyah ini bersarkan SNI 1726-2012 Ketahanan Terhadap Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, dengan data sebagai berikut :

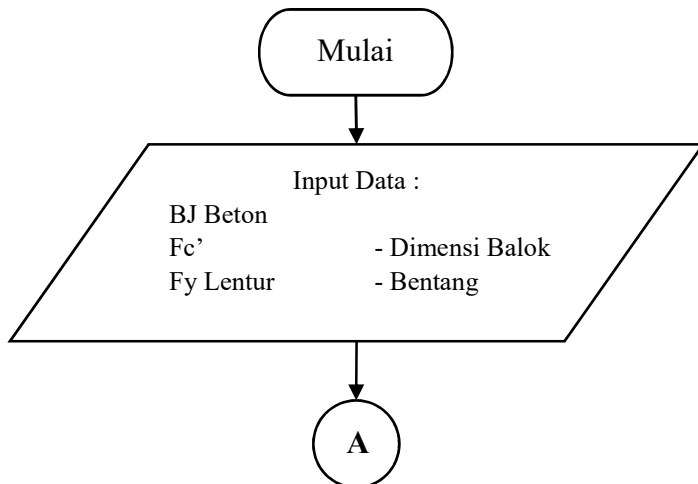
Tipe Bangunan	: Rumah Sakit tanpa unit bedah dan UGD (Kategori Resiko III)
Faktor Keutamaan (I)	: 1.25
Kategori Desain Seismik	: C
Koefisien Respon 0.2 s (S_s)	: 0.308
Koefisien Respon 0.2 s (S_1)	: 0.091
Koefisien Modifikasi Respon	: 5

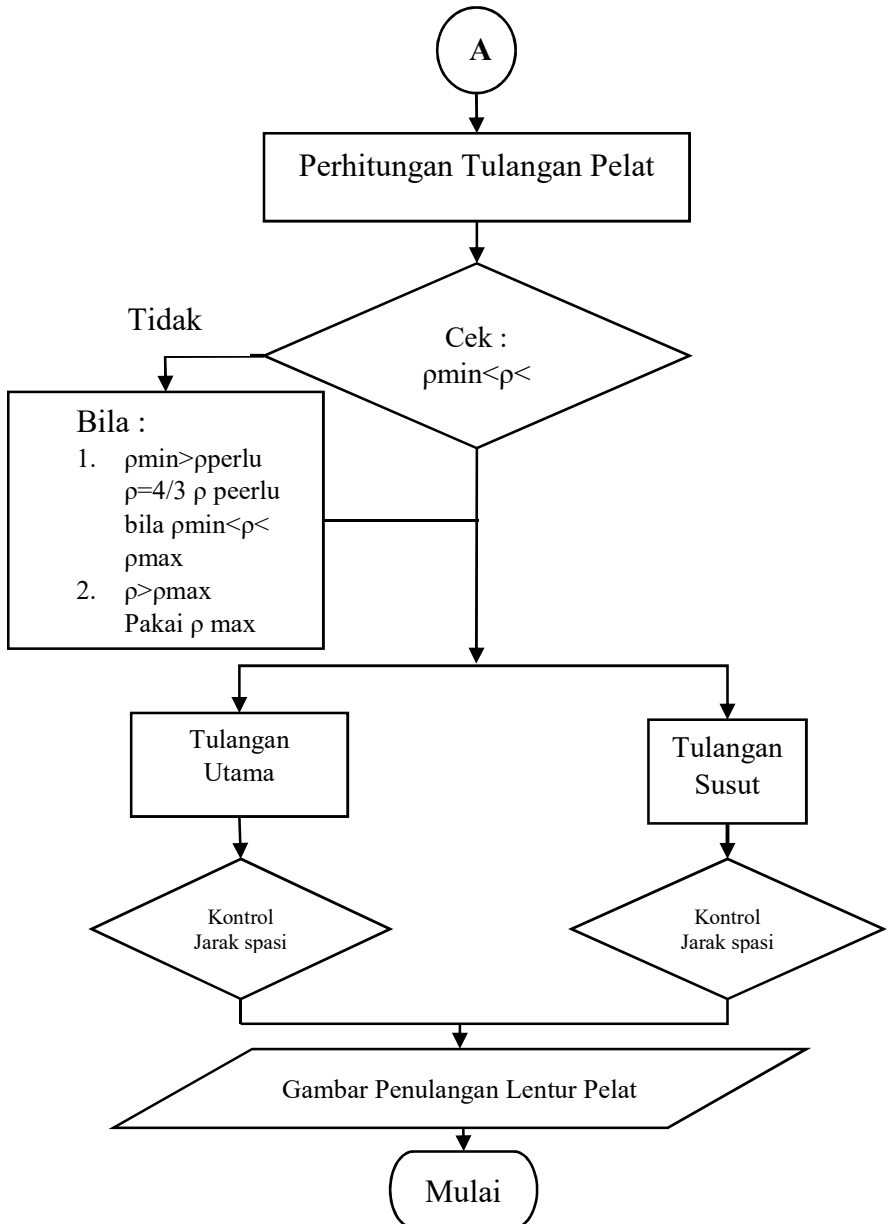
3.7 Perhitungan Tulangan

Perhitungan struktur yang dalam hal ini perhitungan tulangan berdasarkan SNI 2847-2013 dengan memperhatikan standart penulangan serta menggunakan data-data yang diperoleh dari output analisis struktur. Dari hasil analisis tersebut kemudian diperoleh gaya aksial, gaya geser, momen lentur, dan torsi. Selanjutnya dari hasil tersebut digunakan untuk menghitung kebutuhan tulangan pada komponen struktur bangunan. Cek persyaratan dan kontrol kemampuan dari hasil kebutuhan tulangan.

3.8 Perencanaan Struktur Sekunder

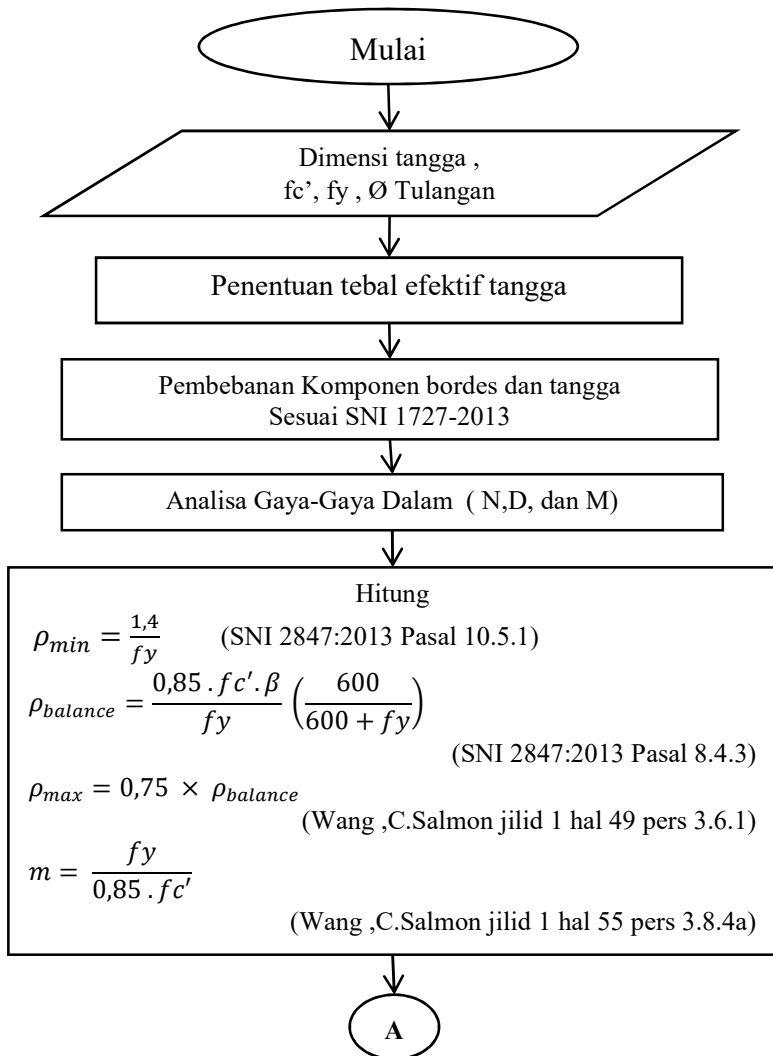
3.8.1. Perencanaan Pelat Lantai

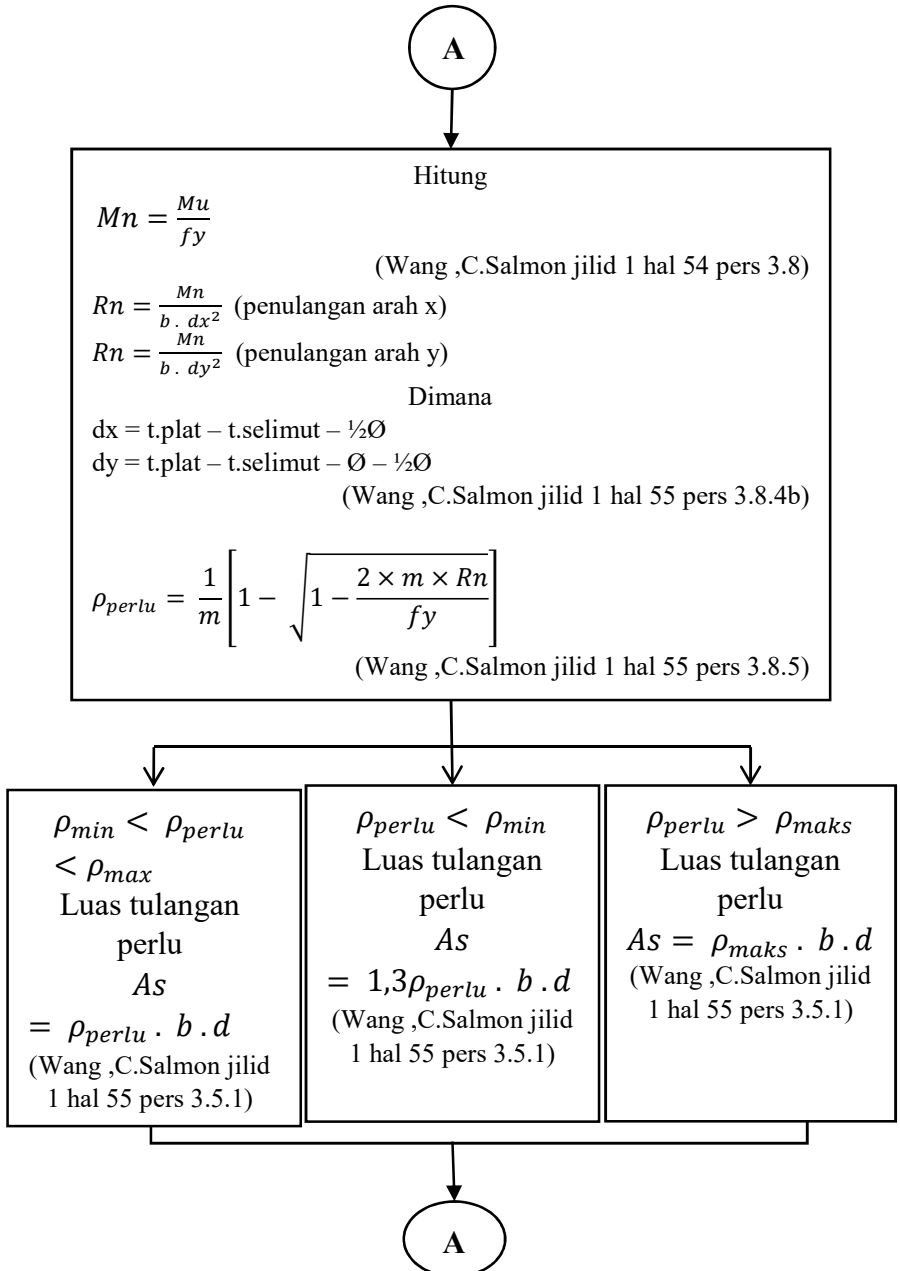


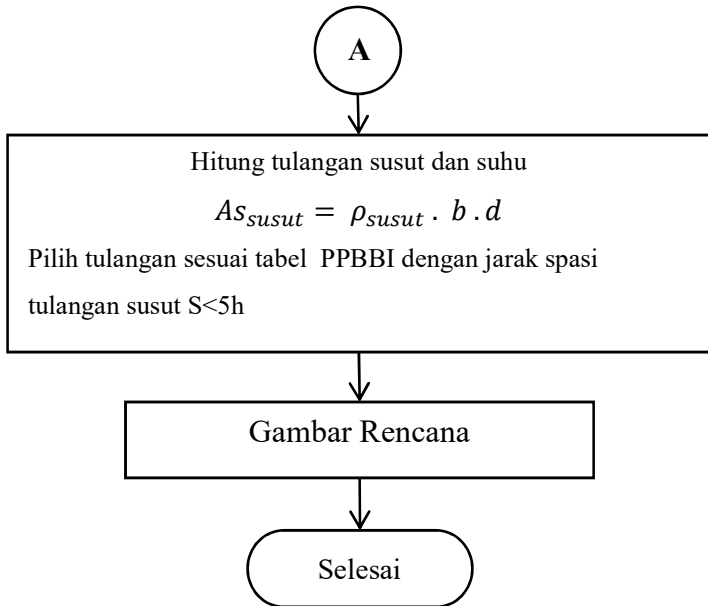


Gambar 3. 2 Flowchart Perencanaan Pelat Lantai

3.8.2. Perencanaan Tangga



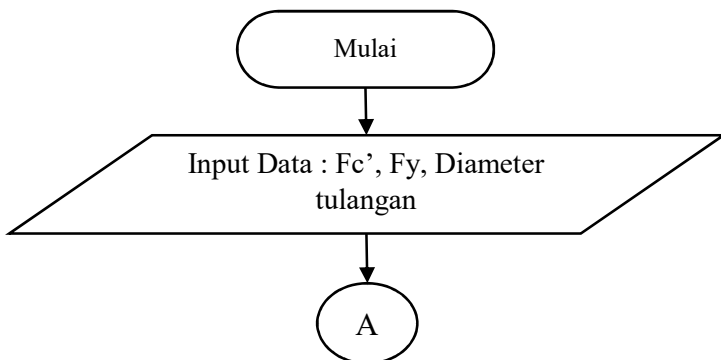


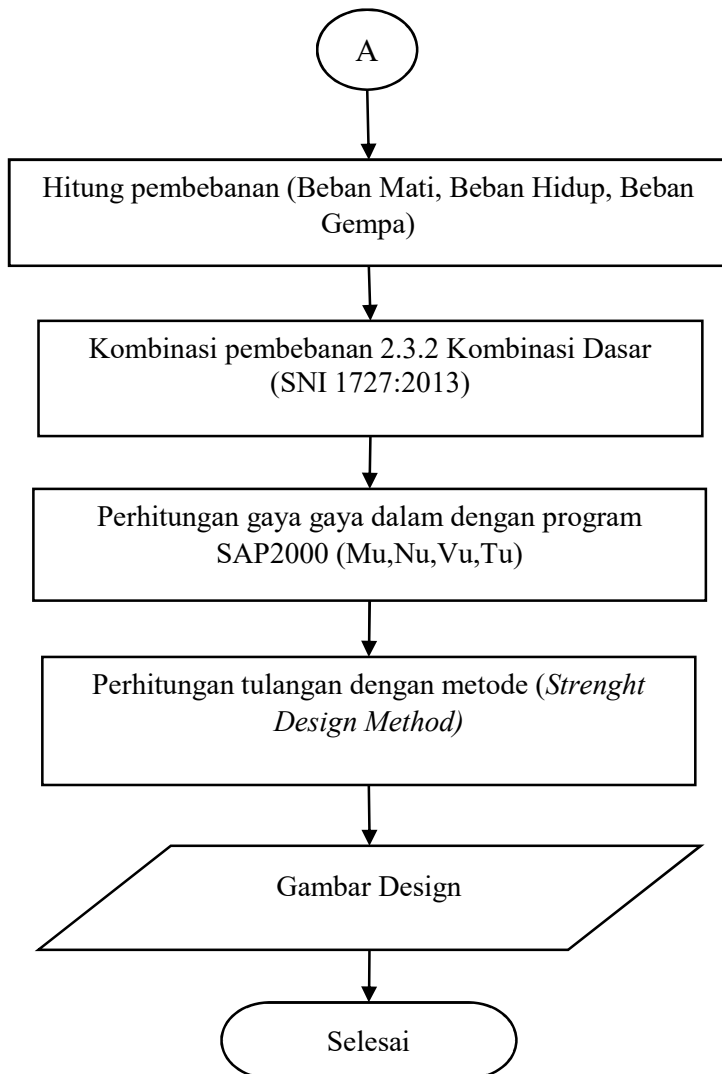


Gambar 3. 3 Flowchart Perencanaan Tangga

3.9 Struktur Primer

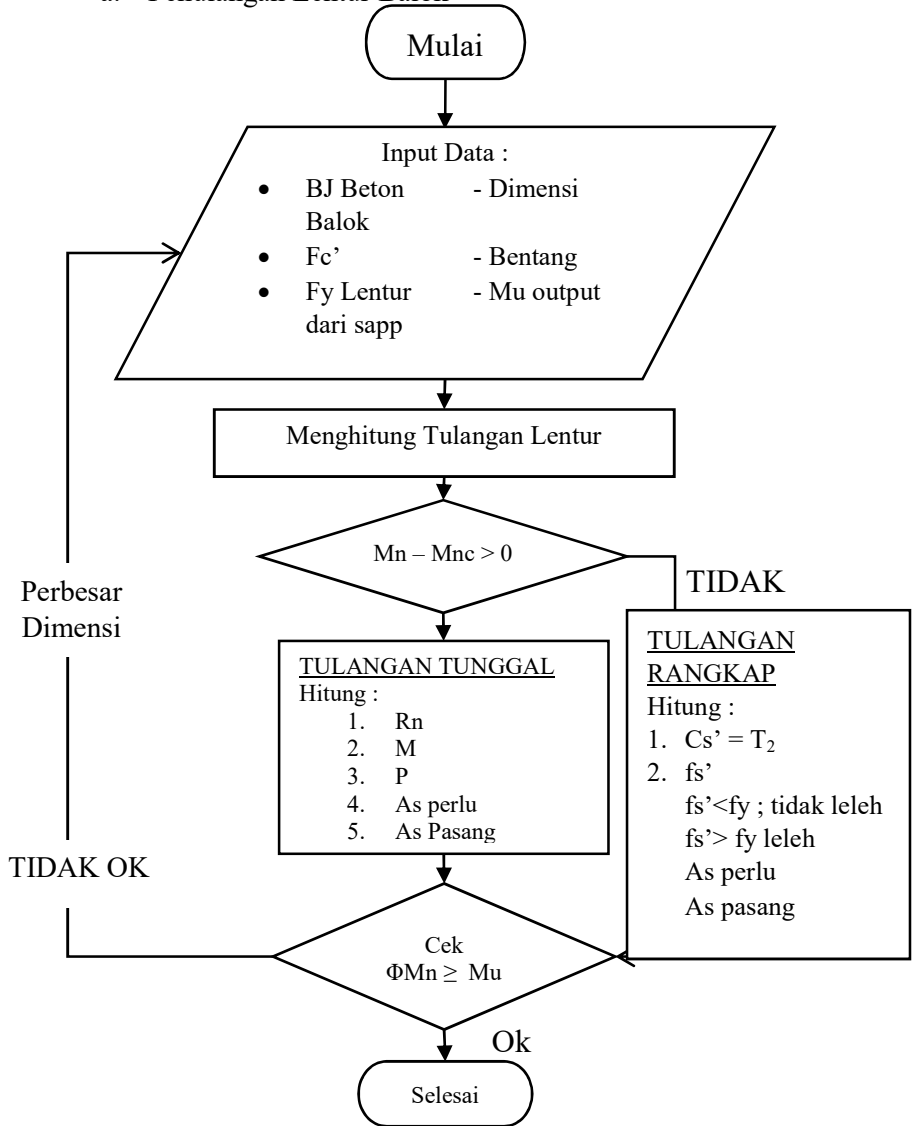
3.9.1. Perencanaan Balok





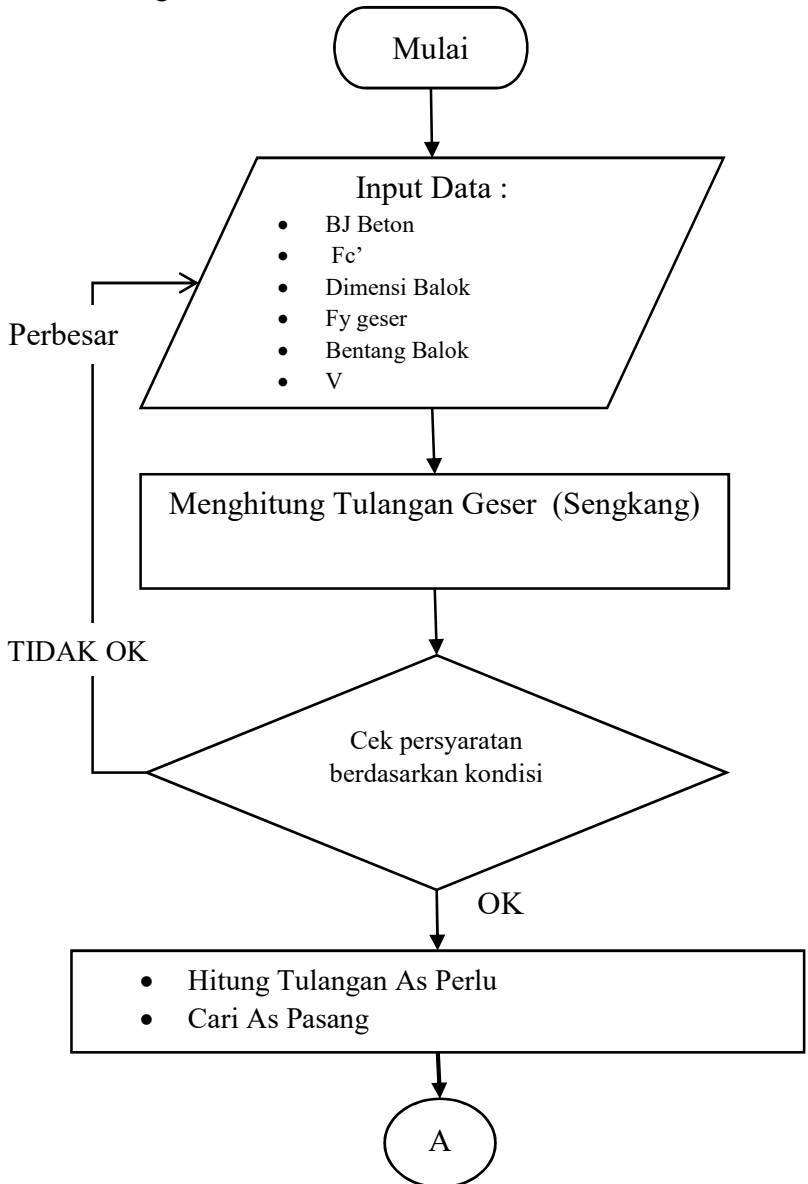
Gambar 3. 4 Flowchart Perencanaan Balok

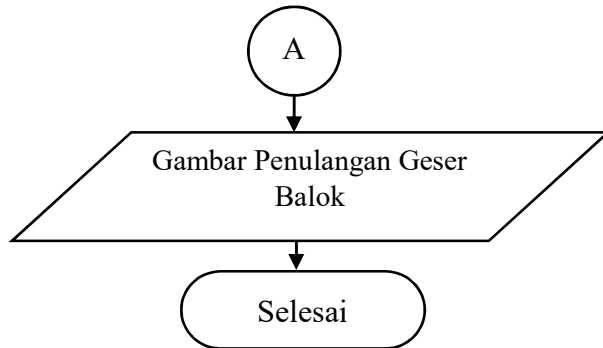
a. Penulangan Lentur Balok



Gambar 3. 5 Flowchart Perencanaan Tulangan Lentur Balok

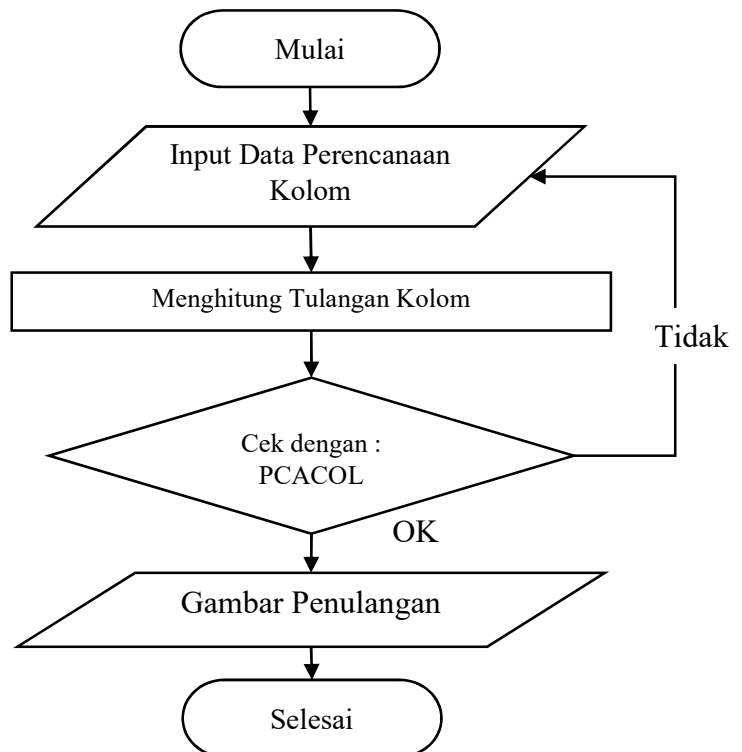
b. Tulangan Geser Balok





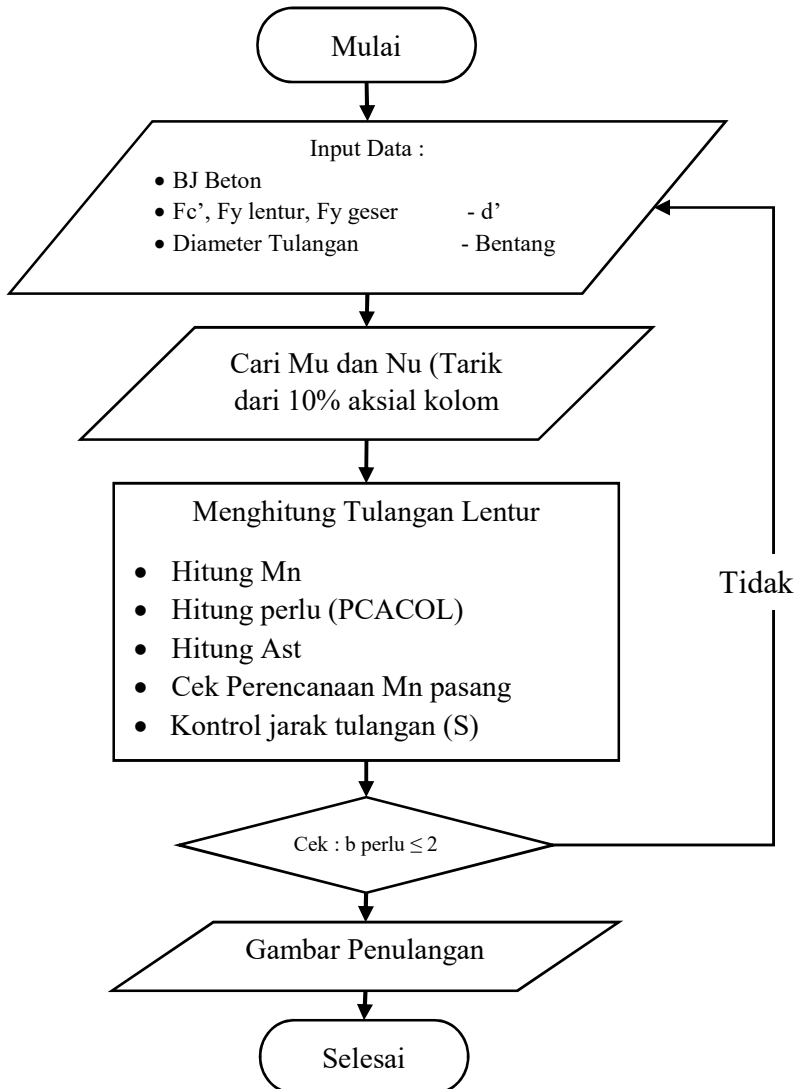
Gambar 3. 6 Flowchart Perencanaan Geser Kolom

3.9.2. Perencanaan Kolom



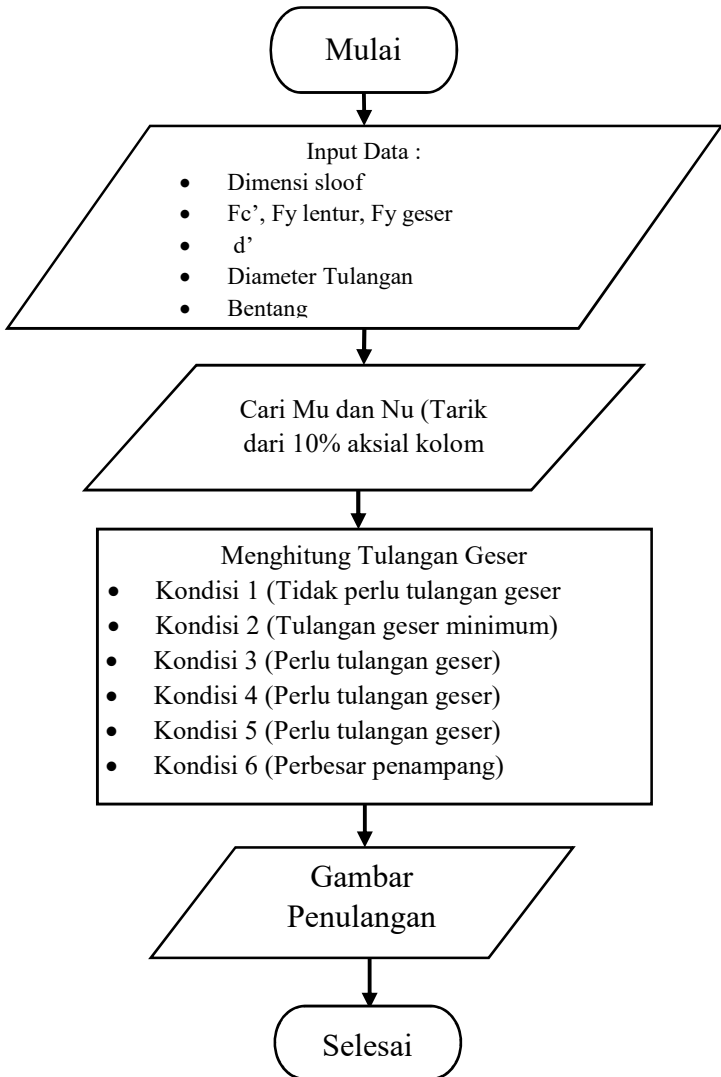
Gambar 3. 7 Flowchart Perencanaan Kolom

3.9.3. Perencanaan Sloof
a. Penulangan Lentur Sloof



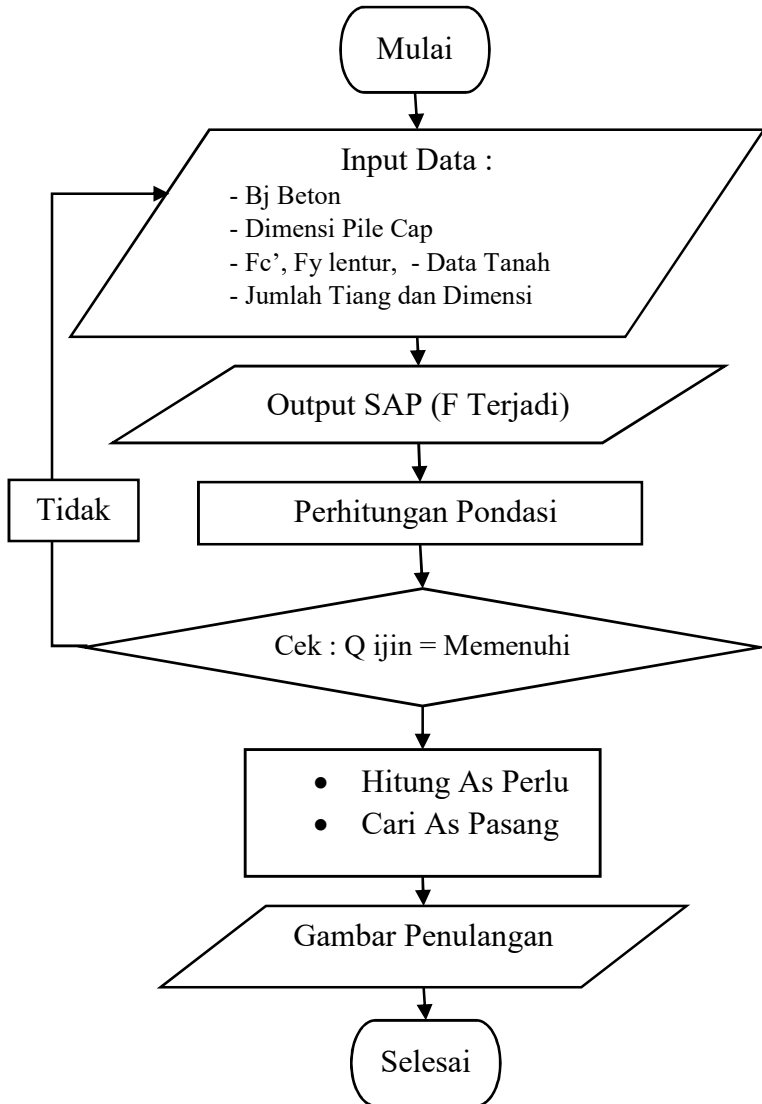
Gambar 3. 8 Flowchart Perencanaan Tulangan Lentur Sloof

b. Perencanaan Tulangan Geser Sloof



Gambar 3. 9 Flowchart Perencanaan Tulangan Geser Sloof

3.9.4. Perencanaan Pondasi



Gambar 3. 10 Flowchart Perencanaan Pondasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perencanaan Dimensi Struktur

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dimensi komponen struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan gedung tersebut.

4.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Perencanaan desain balok dihitung menjadi dua yakni balok induk dan balok anak serta masing- masing dihitung atas bagian memanjang dan melintang. Preliminary balok bertujuan untuk memperhitungkan tinggi dan lebar balok. Penentuan tinggi balok minimum (h_{\min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps 9.5.2.1 (tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non pra tegang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung) .Tinggi minimum untuk balok tertumpu sederhana adalah :

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

Sedangkan untuk tinggi minimum balok anak adalah:

$$h_{\min} = \frac{\ell}{21}$$

Sedangkan untuk tinggi minimum balok kantilever adalah:

$$h_{\min} = \frac{\ell}{8}$$

Dengan catatan, untuk panjang bentang balok (ℓ) nilai f_y selain 420 MPa ,nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$, sehingga untuk mutu baja 400 Mpa nilai h_{\min} adalah :

$$h_{\min} = \frac{\ell}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

Sedangkan untuk lebar balok diestimasikan berkisar antara 1/2 sampai 2/3 dari tinggi balok

A. Preliminary Balok Induk Memanjang

1. Bentang 720 cm

• Tinggi Balok

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{\ell}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= \frac{720}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= 58,3 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 65 cm

• Lebar Balok

$$\begin{aligned} b &= \frac{2}{3} \times h \\ b &= \frac{2}{3} \times 65 \text{ cm} \\ &= 43.3 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 45 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang dengan bentang 720 cm adalah 45 cm x 65 cm.

2. Bentang 360 cm

• Tinggi Balok

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{\ell}{12} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= \frac{360}{12} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= 29,1 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 45 cm

- Lebar Balok

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

$$b = \frac{2}{3} \times 65 \text{ cm}$$

$$= 23.3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 35 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang dengan bentang 360 cm adalah 35 cm x 45 cm.

B. Preliminary Balok Induk Melintang

1. Bentang 630 cm

- Tinggi Balok

$$h_{\min} = \frac{\ell}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$= \frac{630}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$= 51 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 65 cm

- Lebar Balok

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

$$b = \frac{2}{3} \times 65 \text{ cm}$$

$$b = 43.3 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 45 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang dengan bentang 630 cm adalah 45 cm x 65 cm.

2. Bentang 300 cm

• Tinggi Balok

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{\ell}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= \frac{300}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= 24,3 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok yaitu 40 cm

• Lebar Balok

$$\begin{aligned} b &= \frac{2}{3} \times h \\ b &= \frac{2}{3} \times 40 \text{ cm} \\ &= 26.7 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 30 cm.

Sehingga dimensi untuk balok induk memanjang dengan bentang 300 cm adalah 30 cm x 40 cm.

C. Preliminary Balok Anak

1. Bentang 720 cm

• Tinggi Balok

$$\begin{aligned} h_{\min} &= \frac{\ell}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= \frac{720}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700}\right) \\ &= 43,7 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tinggi (h) untuk balok anak yaitu 50 cm

- Lebar Balok

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

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

$$b = 33,3 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka digunakan lebar (b) untuk balok yaitu 35 cm.

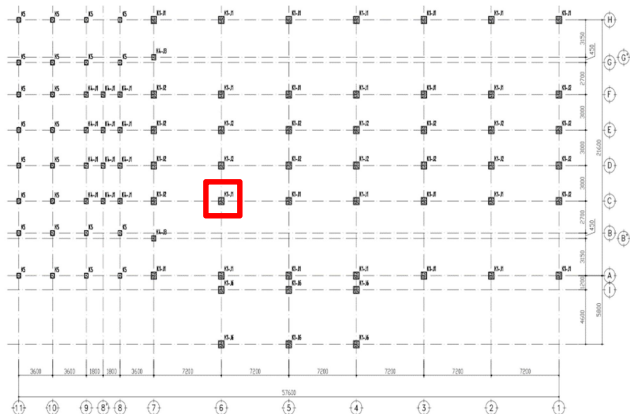
Sehingga dimensi untuk balok anak dengan bentang 720 cm adalah 35 cm x 50 cm.

4.1.2. Preliminary Kolom

Perencanaan dimensi kolom menggunakan gambar denah perencanaan, data perencanaan dan menghasilkan perhitungan perencanaan dimensi kolom sebagai berikut:

A. Kolom (K1)

- Gambar Denah Kolom



Gambar 4. 1 Denah Kolom (K1)

➤ Data Perencanaan :

- Tipe kolom = K1
- Tinggi kolom (h_{kolom}) = 500 cm
- Bentang balok (L_{balok}) = 720 cm
- Lebar balok (b_{balok}) = 45 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) = 65 cm

➤ Perhitungan Perencanaan

Untuk membuat sifat struktur menjadi “Kolom Kuat Balok Lemah”, maka preliminary dimensi kolom sebagai berikut :

$$\frac{\ell_{Kolom}}{I_{Kolom}} \geq \frac{\ell_{Balok}}{I_{Balok}}$$

Dimana :

$$I_{Balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{Kolom} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

ℓ_{Kolom} = Tinggi Kolom

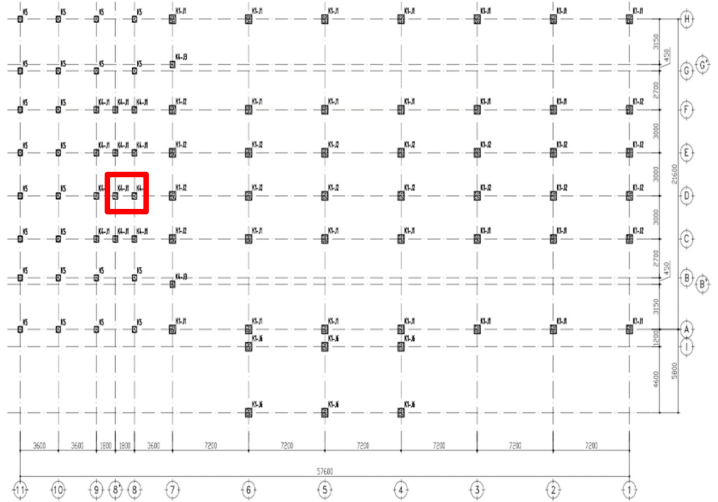
Apabila diasumsikan $b_{kolom} = h_{kolom}$, maka :

$$\begin{aligned} \frac{\ell_{Kolom}}{\frac{1}{12} \cdot b_{Kolom} \cdot (h_{Kolom})^3} &\geq \frac{\ell_{Balok}}{\frac{1}{12} \cdot b_{Balok} \cdot (h_{Balok})^3} \\ \frac{500 \text{ cm}}{\frac{1}{12} \cdot (h_{Kolom})^4} &\geq \frac{720 \text{ cm}}{\frac{1}{12} \cdot 45 \text{ cm} \cdot (65 \text{ cm})^3} \\ (h_{Kolom})^4 &= 8582031,25 \text{ cm}^4 \\ h_{Kolom} &= 54,125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 60 cm / 60 cm

B. Kolom (K2)

➤ Gambar Denah Kolom



Gambar 4. 2 Denah Kolom (K2)

➤ Data Perencanaan :

- Tipe kolom = K2
- Tinggi kolom (h_{kolom}) = 500 cm
- Bentang balok (L_{balok}) = 360 cm
- Lebar balok (b_{balok}) = 35 cm
- Tinggi balok (h_{balok}) = 45 cm

➤ Perhitungan Perencanaan

Untuk membuat sifat struktur menjadi “Kolom Kuat Balok Lemah”, maka preliminary dimensi kolom sebagai berikut :

$$\frac{\ell_{Kolom}}{I_{Kolom}} \geq \frac{\ell_{Balok}}{I_{Balok}}$$

Dimana :

$$I_{Balok} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{Kolom} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$\ell_{Kolom} = \text{Tinggi Kolom}$$

Apabila diasumsikan $b_{kolom} = h_{kolom}$, maka :

$$\frac{\ell_{Kolom}}{\frac{1}{12} \cdot b_{Kolom} \cdot (h_{Kolom})^3} \geq \frac{\ell_{Balok}}{\frac{1}{12} \cdot b_{Balok} \cdot (h_{Balok})^3}$$

$$\frac{500 \text{ cm}}{\frac{1}{12} \cdot (h_{Kolom})^4} \geq \frac{360 \text{ cm}}{\frac{1}{12} \cdot 35 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}$$

$$(h_{Kolom})^4 = 4429687,50 \text{ cm}^4$$

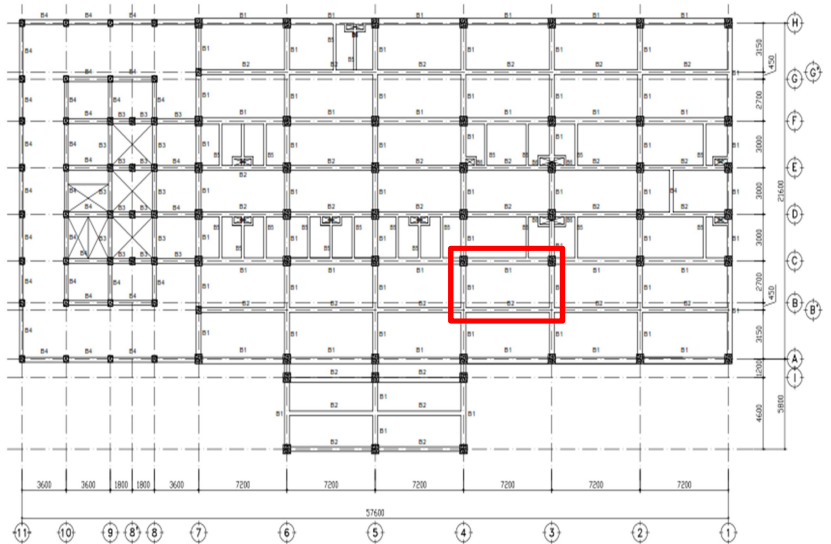
$$h_{Kolom} = 45,9 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi kolom dengan ukuran 50 cm / 50 cm

4.1.3. Preliminary Pelat

Pada perencanaan dimensi tebal pelat menggunakan gambar denah perencanaan dan menentukan tebal pelat diambil dari perhitungan satu tipe pelat (memiliki luas terbesar) menghasilkan perhitungan perencanaan tebal pelat sebagai berikut :

➤ Gambar denah perencanaan

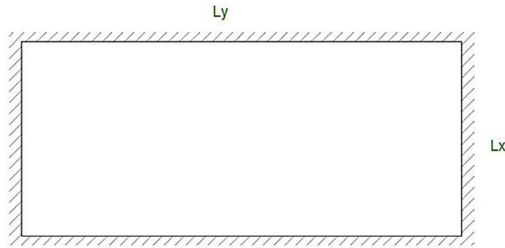


Gambar 4. 3 Denah Perencanaan Pelat

➤ Data Perencanaan

- Tipe Pelat = A2
- Rencana Tebal Pelat = 12 cm
- Bentang Pelat Sumbu Panjang (L_y) = 720 cm
- Bentang Pelat Sumbu Pendek (L_x) = 315 cm
- Kuat Tekan Beton (f_c') = 30 MPa
- Kuat Leleh Tulangan (f_y) = 400 MPa
- Dimensi balok as 2 (B' - C) = 45/65 cm
- Dimensi balok as 3 (B' - C) = 45/65 cm
- Dimensi balok as B' (2 - 3) = 35/50 cm
- Dimensi balok as C (2 - 3) = 45/65 cm

➤ Perhitungan perencanaan



- Bentang bersih sumbu panjang (Ln_y)

$$Ln_y = Ly - \left(\frac{b \text{ balok as } 3(B'-C)}{2} - \frac{b \text{ balok as } 2(B'-C)}{2} \right)$$

$$Ln_y = 720 - \left(\frac{45}{2} - \frac{45}{2} \right)$$

$$Ln_y = 675 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek (Ln_x)

$$Ln_x = Ly - \left(\frac{b \text{ balok as } B'(2-3)}{2} - \frac{b \text{ balok as } C(2-3)}{2} \right)$$

$$Ln_x = 315 - \left(\frac{45}{2} - \frac{35}{2} \right)$$

$$Ln_x = 275 \text{ cm}$$

- Rasio antara bentang bersih sumbu panjang (Ln_y) terhadap bentang bersih sumbu pendek (Ln_x)

$$\beta = Ln_y / Ln_x$$

$$\beta = 675 / 275$$

$$\beta = 2,45 > 2 \text{ (one way slab)}$$

- Menghitung rata-rata rasio kekakuan (α_m)

➤ **Tinjau balok as C joint 2-3**

Menentukan Lebar efektif flens (b_e) sesuai dengan pasal 8.12.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut :

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2} \leq b_w + 8h_f \leq \frac{l}{4}$$

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2}$$

$$b_e = 45 + \frac{260 + 275}{2} = 312,5 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 45 + 8.12 = 141 \text{ cm}$$

$$b_e = \frac{l}{4} = \frac{720}{4} = 180 \text{ cm}$$

Maka b_e yang digunakan = 141 cm

- Menentukan faktor modifikasi (k)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,583$$

- Momen inersia penampang T

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,583 \times 45 \times 65^3$$

$$I_{balok} = 1630082,16 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia pelat

$$I_{pelat} = \frac{b_p \times h_f^3}{12}$$

$$I_{pelat} = \frac{720 \times 12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 103680 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{1630082,16 \text{ cm}^4}{103680 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 1,572$$

➤ **Tinjau balok as B' joint 2-3**

Menentukan Lebar efektif flens (b_e) sesuai dengan pasal 8.12.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut :

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2} \leq b_w + 8h_f \leq \frac{l}{4}$$

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2}$$

$$b_e = 35 + \frac{275+2}{2} = 310 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 35 + 8.12 = 131 \text{ cm}$$

$$b_e = \frac{l}{4} = \frac{720}{4} = 180 \text{ cm}$$

Maka b_e yang digunakan = 131 cm

- Menentukan faktor modifikasi (k)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{35} - 1\right) \times \left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$k = 1,734$$

- Momen inersia penampang T

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,734 \times 35 \times 50^3$$

$$I_{balok} = 632040,260 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia pelat

$$I_{pelat} = \frac{b_p \times h_f^3}{12}$$

$$I_{pelat} = \frac{720 \times 12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 103680 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_2 = \frac{632040,260 \text{ cm}^4}{103680 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 6,096$$

➤ **Tinjau balok as 2 joint B' - C**

Menentukan Lebar efektif flens (b_e) sesuai dengan pasal 8.12.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut :

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2} \leq b_w + 8h_f \leq \frac{l}{4}$$

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2}$$

$$b_e = 45 + \frac{675 + 675}{2} = 720 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 45 + 8.12 = 141 \text{ cm}$$

$$b_e = \frac{l}{4} = \frac{315}{4} = 78,75 \text{ cm}$$

Maka b_e yang digunakan = 78,75 cm

- Menentukan faktor modifikasi (k)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1.25$$

- Momen inersia penampang T

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,25 \times 45 \times 65^3$$

$$I_{balok} = 1288202,280 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia pelat

$$I_{pelat} = \frac{b_p \times h_f^3}{12}$$

$$I_{pelat} = \frac{315 \times 12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 45360 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_3 = \frac{1288202,280 \text{ cm}^4}{45360 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_3 = 28,4$$

➤ **Tinjau balok as 3 joint B' - C**

Menentukan Lebar efektif flens (b_e) sesuai dengan pasal 8.12.2 SNI 2847-2013 sebagai berikut :

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2} \leq b_w + 8h_f \leq \frac{l}{4}$$

$$b_e = b_w + \frac{Ln_{xkiri} + Ln_{xkanan}}{2}$$

$$b_e = 45 + \frac{675 + 675}{2} = 720 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f = 45 + 8.12 = 141 \text{ cm}$$

$$b_e = \frac{l}{4} = \frac{315}{4} = 78,75 \text{ cm}$$

Maka b_e yang digunakan = 78,75 cm

- Menentukan faktor modifikasi (k)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{12}{65}\right) + 4\left(\frac{12}{65}\right)^2 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{78,75}{45} - 1\right) \times \left(\frac{12}{65}\right)}$$

$$k = 1,25$$

- Momen inersia penampang T

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,25 \times 45 \times 65^3$$

$$I_{balok} = 1288202,280 \text{ cm}^4$$

- Momen inersia pelat

$$I_{pelat} = \frac{b_p \times h_f^3}{12}$$

$$I_{pelat} = \frac{315 \times 12^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 45360 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat :

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_4 = \frac{1288202,280 \text{ cm}^4}{45360 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_4 = 28,4$$

Dari perhitungan rasio kekakuan balok tiap tinjauan diatas didapatkan nilai α_m sebesar :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

$$\alpha_m = \frac{1,572 + 6,096 + 28,4 + 28,4}{4}$$

$$\alpha_m = 16,12$$

Bedasarkan SNI 2087-2013 pasal 9.5.3.3 ,apabila nilai untuk $\alpha_m > 2$,maka ketebalan pelat minimum ditentukan oleh persamaan (9-13) dan tidak boleh kurang dari 90 mm,berikut perhitungan sesuai dengan persamaan 9-13 :

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

$$h = \frac{675 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9(2,45)}$$

$$h = 12,616 \text{ cm} = 126,16 \text{ mm}$$

Maka digunakan tebal pelat sebesar $h = 14 \text{ cm}$

4.1.4. Preliminary Tangga

Perencanaan tangga ini terdapat 2 macam tipe tangga yaitu tangga utama (tipe 1) dan tangga darurat (tipe 2), Masing-masing tipe tangga di desain berbeda . adapun data-data dan perhitungan tangga dan bordes adalah sebagai berikut :

A. Tangga Utama Lantai 1

Perletakkan = Jepit-sendi-Jepit

❖ Data-data perencanaan :

Tipe tangga = Tangga Utama

Panjang datar tangga = 435 cm

Tinggi lantai 1 ke lantai 2 = 500 cm

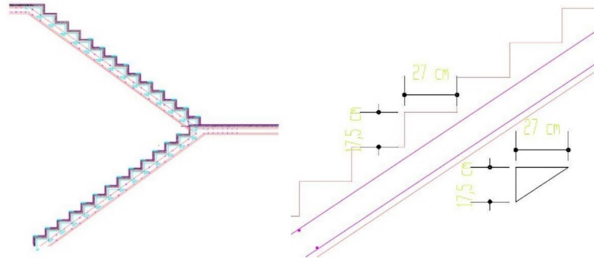
Tinggi pelat bordes = 250 cm

Tinggi tanjakan/Optrede (t) = 17,5 cm

Lebar injakan/Antrede (i) = 30 cm

Tebal rencana pelat tangga = 12 cm

Tebal rencana pelat bordes = 12 cm



Gambar 4. 4 Sketsa Tangga

❖ Perhitungan perencanaan

- Jumlah tanjakan/Optrede (n_t)

$$n_t = \frac{\text{tinggi bordes}}{t} = \frac{250}{17,5}$$

$$n_t = 14 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan/Antrede

$$i = n_t - 1$$

$$= 14 - 1$$

$$= 13 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{17,5}{30}$$

$$\alpha = 32,26^\circ$$

- Cek Syarat

Syarat sudut kemiringan tangga

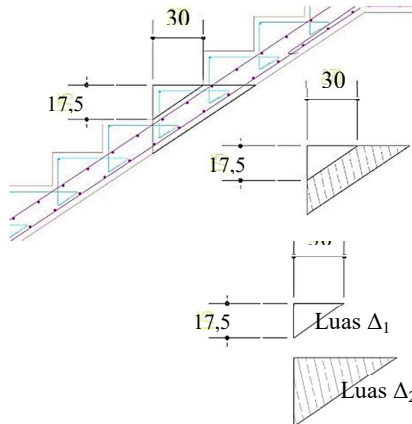
$$25 \leq \alpha \leq 40$$

$$25 \leq 32,26 \leq 40 \text{ (OK!)}$$

Syarat lebar injakan dan tanjakan tangga

$$\begin{array}{rclcl}
 60 & \leq & 2t + i & \leq & 65 \\
 60 & \leq & 2(17,5) + 30 & \leq & 65 \\
 60 & \leq & 65 & \leq & 65 \text{ (OK!)}
 \end{array}$$

- Tebal ekivalen anak tangga



Gambar 4. 5 Sketsa Perencanaan Dimensi Tangga Lantai 1

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\
 &= \frac{1}{2} \times 30 \times 17,5 \\
 &= 262,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{t^2 + i^2} \times d \\
 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{(17,5)^2 + (30)^2} \times d \\
 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{1206,25} \times d
 \end{aligned}$$

$$\text{Luas } \Delta_2 = 17,36d \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Luas } \Delta_1 & = & \text{Luas } \Delta_2 \\
 262,5 \text{ cm}^2 & = & 17,36d \text{ cm}^2 \\
 d & = & 15,12 \text{ cm} \\
 \frac{1}{2} d & = & 7,56 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}
 \end{array}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$H = \text{Tebal rencana pelat tangga} + \frac{1}{2} d$$

$$= 12 \text{ cm} + 8 \text{ cm}$$

$$= 20 \text{ cm}$$

B. Tangga Utama Lantai 2 – Lantai Atap

❖ Data-data perencanaan :

Tipe tangga	=	Tangga Utama
Panjang datar tangga	=	435 cm
Tinggi lantai 2 s/d lantai atap	=	400 cm
Tinggi pelat bordes	=	200 cm
Tinggi tanjakan (t)	=	17,5 cm
Lebar injakan (i)	=	30 cm
Tebal rencana pelat tangga	=	12 cm
Tebal rencana pelat bordes	=	12 cm

❖ Perhitungan perencanaan

- Jumlah tanjakan (n_t)

$$n_t = \frac{\text{tinggi bordes}}{t} = \frac{200}{17,5}$$

$$n_t = 11 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan

$$i = n_t - 1$$

$$= 11 - 1$$

$$= 10 \text{ buah}$$
- Sudut kemiringan tangga

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{t}{i}$$

$$\alpha = \text{arc tan} \frac{17,5}{30}$$

$$\alpha = 32,26^\circ$$
- Cek Syarat
 Syarat sudut kemiringan tangga

$$25 \leq \alpha \leq 40$$

$$25 \leq 32,26 \leq 40$$

Syarat lebar injakan dan tanjakan tangga

$$60 < 2t + i < 65$$

$$60 < 65 < 65$$

- Tebal rata-rata(ekivalen) anak tangga

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\ &= \frac{1}{2} \times 30 \times 17,5 \\ &= 262,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

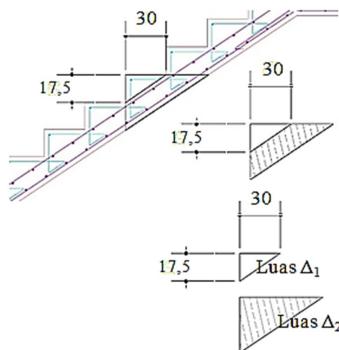
$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{t^2 \times i^2} \times d \\ &= \frac{1}{2} \times \sqrt{(17,5)^2 \times (30)^2} \times d \\ &= \frac{1}{2} \times \sqrt{1206,25} \times d \end{aligned}$$

$$\text{Luas } \Delta_2 = 16,1d \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta_1 &= \text{Luas } \Delta_2 \\ 262,5 \text{ cm}^2 &= 17,36d \text{ cm}^2 \\ d &= 15,12 \text{ cm} \\ \frac{1}{2} d &= 7,56 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tebal efektif pelat tangga

$$\begin{aligned} H &= \text{Tebal rencana pelat tangga} \times \frac{1}{2} d \\ &= 12 \text{ cm} + 8 \text{ cm} \\ &= 20 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Sketsa Perencanaan Dimensi Tangga Lantai 2

$$b = \frac{2}{3} \times 65 \text{ cm}$$

$$b = 43,33 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Maka dimensi sloof TB1 yang dipakai adalah 45/65 cm

b. Sloof TB2

➤ Data Perencanaan

- Tipe Sloof = TB2
- As Sloof = As A (Joint 2-3)
- Bentang Sloof (L) = 720 cm
- f_c' = 30 Mpa
- f_y = 400 Mpa

➤ Perhitungan Perencanaan

- Tinggi Sloof

$$h = \frac{L}{12} \times \left(0.4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h = \frac{720}{12} \times \left(0.4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h = 58,29 \text{ cm} \approx 65 \text{ cm}$$

- Lebar Sloof

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

$$b = \frac{2}{3} \times 65 \text{ cm}$$

$$b = 43,33 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Maka dimensi sloof TB2 yang dipakai adalah 45/65 cm

c. Sloof TB3

➤ Data Perencanaan

- Tipe Sloof = TB3
- As Sloof = As A (Joint 7-8)
- Bentang Sloof (L) = 360 cm
- f_c' = 30 Mpa
- f_y = 400 Mpa

➤ Perhitungan Perencanaan

- Tinggi Sloof

$$h = \frac{L}{12} x \left(0.4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h = \frac{360}{12} x \left(0.4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h = 29,14 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

- Lebar Sloof

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

$$b = \frac{2}{3} x 45 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Maka dimensi sloof TB2 yang dipakai adalah 35/45 cm

4.2. Pembebanan Struktur

4.2.1. Beban Gravitasi

Beban gravitasi adalah beban yang bekerja dalam suatu struktur bangunan searah dengan arah gravitasi/tegak lurus dengan bangunan dengan rincian beban yang sudah tertera pada SNI 1727-2013 dan brosur material yang ada pada pasaran dan akan diterapkan pada permodelan aplikasi struktur SAP2000 v14.2.2

4.2.2. Beban Mati (DL)

Beban mati merupakan berat yang terdiri dari berat elemen struktur dari suatu bangunan serta perabotan permanen yang ada pada gedung seperti dinding, lantai atap, plafond, dan untuk beban mati terdiri dari 2 macam, antara lain :

1. Berat Sendiri
Berat jenis beton : $24 \text{ kN/m}^3 = 2400 \text{ kg/m}^3$ (ASCE 7-2002)
2. Berat Mati Tambahan
 - Berat keramik + spesi : $1,10 \text{ kN/m}$ (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)

- Berat ducting mechanical : 0,19 kN/m (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Mechanical Duct Allowance*”)
- Berat Plafond : 0,086kN/m² = 8,6 kg/m² (Brosur KALSI)
- Berat penggantung plafond : 0,10 kN/m² = 10 kg/m² (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Suspended Steel Channel System*”)
- Berat lapisan waterproofing : 0,05 kN/m (ASCE 7-2002 Tabel C3-1 “*Waterproofing Membranes Liquid Applied*”)
- Pembebanan Dinding

Pembebanan komponen struktur dinding tidak dimasukkan dalam permodelan SAP2000 sehingga dibebankan /didistribusikan pada komponen yang berada di atasnya yakni komponen balok.pendistribusian beban komponen struktur dinding ke komponen struktur balok merupakan distribusi beban tetap (beban mati). Dikarenakan beban pada struktur dinding berupa luasan sedangkan beban pada komponen struktur balok merupakan beban merata sehingga beban harus dikonversikan ke beban balok. Pembebanan yang ada pada struktur dinding disesuaikan dengan brosur pasaran .

Berat dinding bata ringan:600kg/m³(Brosur CITICON)

Plester D200 : 20 kg/m²per 10mm (Brosur)

Acian NP S540 : 3 kg/m² per 2 mm

Tabel 4. 1 Material Dinding

Material	BJ		
Bata Ringan Citicon (t=10 cm)	600 kg/m ³	=	60 kg/m ³
Plester D200 (t=4 cm)	20 kg/m ³	=	80 kg/m ³
Acian NP S540 (t=2 cm)	3 kg/m ³	=	6 kg/m ³
Total		=	146 kg/m ³

Tinggi dinding tiap lantai

- Lantai 1 (H1) = 5 m
- Lantai 2 (H2) = 4 m
- Lantai 3 (H3) = 4 m
- Lantai 4 (H4) = 4 m
- Lantai 5 (H5) = 4 m
- Lantai Atap Ruang Lift = 4 m

Perhitungan pembebanan

- Beban merata lantai 1
 - = $H1 \times Q_{\text{dinding}}$
 - = $5 \text{ m} \times 146 \text{ kg/m}^2$
 - = 730 kg/m
- Beban merata lantai 2-5
 - = $H2 \times Q_{\text{dinding}}$
 - = $4 \text{ m} \times 146 \text{ kg/m}^2$
 - = 584 kg/m

○ Beban Lift

Beban yang bekerja akibat pergerakan elevator dianggap sebagai beban terpusat akibat gaya yang bekerja terhadap berat kapasitas elevator sendiri yang diamsusikan elevator akan berhenti di setiap lantai bangunan. Sedangkan beban reaksi akibat ruang mesin lift dan pit lift sudah diketahui pada katalog sesuai dengan spesifikasi elevator rencana.

Pembebanan pada Lift terdapat pada komponen struktur yang disesuaikan dengan brosur yang ada dipasaran. Merk Lift yang digunakan adalah *Louser Lift – Hospital Bed elevators* untuk 1 ruang dan 3 ruang menyesuaikan ruang yang terdapat pada denah struktur. Spesifikasi yang tersedia pada brosur sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Spesifikasi Lift

LOAD CAPACITY (Kg)	SPEED (m/m)	TYPE	DIMENSION (mm)						KW	OVERHEAD Height (O.H)	PIT DEPTH (P)	MACHINE ROOM Height (H)	
			Car Inside A x B	Opening W	Holstway 1 X1 x Y1	Holstway 2 X2 x Y2	Machine Room MA x MB	R1					R2
750	30	B 750 - 25 30	1300 X 2300	1100	2050 X 3000	2500 X 4000	2500 X 4000	5150	4100	5.5	4.250	1.250	2.200
	45	B 750 - 25 45						5750	4300	7.5	4.350	1.350	2.200
	60	B 750 - 25 60								7.5	4.600	1.550	2.200
1000	30	B 1000 - 25 30	1500 X 2500	1200	2300 X 3200	2300 X 3200	2900 X 4000	6450	4500	7.5	4.250	1.250	2.200
	45	B 1000 - 25 45						6450	6100	7.5	4.350	1.350	2.200
	60	B 1000 - 25 60								11	4.600	1.550	2.200
1600	45	B 1600 - 25 45	1600 X 2500	1200	2500 X 3200	2500 X 3200	3400 X 4000	7150	7100	15	4.350	1.350	2.200
	60	B 1600 - 25 60						7750	7600	18.5	4.600	1.550	2.200
	90	B 1600 - 25 90								22	4.800	1.550	2.200

Perhitungan pembebanan pada balok penggantung lift

Panjang balok penggantung lift: 3 m

$$R_a = R_1 \times KLL = R_1 \times 150\%$$

$$= 6450 \text{ kg} \times 150\% = 9675 \text{ kg}$$

$$R_b = R_2 \times KLL = R_2 \times 150\%$$

$$= 6100 \text{ kg} \times 150\% = 9150 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$3 \text{ m} \cdot 9675 \text{ kg} - P_u \cdot x = 0$$

$$P_u = \frac{29025 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$3 \text{ m} \cdot 9150 \text{ kg} - (P_u \cdot (3 \text{ m} - x)) = 0$$

$$27450 \text{ kg} \cdot \text{m} - \left(\frac{29025 \text{ kg} \cdot \text{m}}{x} (3 \text{ m} - x) \right) = 0$$

$$27450 \text{ kg.m} - \left(\frac{87075 \text{ kg.m}^2}{x} + \frac{(29025 \text{ kg.m})x}{x} \right) = 0$$

$$x = \frac{87075 \text{ kg.m}}{27450 \text{ kg.m} + 29025 \text{ kg.m}} = 1,542 \text{ m}$$

$$Pu = \frac{29025 \text{ kg.m}}{1,542 \text{ m}}$$

$$= 18825 \text{ kg}$$

$$= 18,825 \text{ ton}$$

Menurut PPIUG 1983 pasal 3.3.(3) tentang lift yang membebani struktur menyatakan bahwa beban keran permikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\psi = 1 + (k_1 \cdot k_2 \cdot v) \geq 1,15$$

Dimana :

ψ = Koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15

v = Kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimm dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang

paling menentukan bagi struktur yang ditinjau dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det.

k_1 = Koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk ,yang untuk keran induk dengan struktur rangka,pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

k_2 = Koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya dan diambil 1,0

Sehingga,untuk beban terpusat yang akan dimasukkan sebagai pada permodelan di program bantu SAP 2000 v.14 adalah :

$$\begin{aligned} P_{u_{ift}} &= \psi \cdot 18825 \text{ kg} \\ &= (1+ (0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0)) \cdot 18825 \text{ kg} \\ &= 1,6 \cdot 18825 \text{ kg} \\ &= 30120 \text{ kg} = 30,120 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.2.3. Beban Hidup (LL)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi. Nilai beban hidup menurut fungsi ruangan berdasarkan SNI 1727-2013 pada tabel 4.1. Untuk perhitungan beban gempa ,nilai beban hidup yang terjadi akan direduksi sebesar 30%.Berikut merupakan nilai beban hidup sesuai dengan setiap fungsi ruangan yang ada pada bangunan Rumah Sakit:

- Ruang operasi,Laboratorium = 2,87 kN/m²
- Ruang pasien = 1,92 kN/m²
- Koridor diatas lantai pertama= 3,83 kN/m²

4.2.3.1 Beban Hujan

Setiap bagian dari suatu atap harus dirancang mampu menahan beban dari semua air hujan yang terkumpul apabila sistem drainase primer untuk bagian tersebut tertutup ditambah beban merata yang disebabkan oleh kenaikan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran rencananya sesuai dengan SNI 1727 : 2013 Pasal 8.3 Beban Hujan Rencana :

$$R = 0,0098 (ds + dh)$$

Dengan :

ds = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis) (20 mm)

dh = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolik) (10 mm)

$$\begin{aligned} \text{Maka, } R &= 0,0098 (ds + dh) \\ &= 0,0098 (20 + 10) \\ &= 0,294 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.3.2 Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (berupa angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam satuan gaya per luas bidang. Langkah-langkah untuk menentukan beban angin pada bangunan tertutup menggunakan SNI 1727-2013 Pasal 26 sampai pasal 31. Tekanan angin minimum 0.77 kN/m dikalikan

dengan luas dinding bangunan gedung dan $0,38 \text{ kN/m}^2$ dikalikan dengan luas atap bangunan gedung.

Berikut merupakan perhitungan beban angin pada bangunan gedung Rumah Sakit Muhammadiyah . Data perencanaan :

Fungsi bangunan	: Rumah sakit
Tinggi bangunan	: 25 m
Tinggi lantai 1	: 5 m
Tinggi lantai 2 – atap	: 4 m
Kategori bangunan gedung	:

- Mengacu pada SNI 1727-2013 pasal 26.2, Bangunan ini termasuk bangunan gedung tertutup karena bangunan tidak memenuhi persyaratan untuk bangunan gedung terbuka maupun tertutup sebagian.
- Mengacu pada SNI 1727-2013 pasal 26.9.2 untuk menentukan apakah suatu bangunan gedung atau struktur lain adalah kaku atau fleksibel sebagaimana didefinisikan dalam pasal 26.2, frekuensi alami fundamental n_1 harus ditetapkan menggunakan sifat struktural dan karakteristik deformasi elemen penahan dalam analisis yang dibuktikan secara benar.

Pembatasan untuk Estimasi Frekuensi Alami

Harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Tinggi bangunan $\leq 91 \text{ m}$
 $25 \text{ m} \leq 91 \text{ m}$ (OK)
- Tinggi bangunan $\leq 4 \times L_{\text{eff}}$
- $25 \text{ m} \leq 4 \times \frac{\sum_{i=1}^n h_i L_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$

dimana :

h_i = Tinggi di atas kelas level i

L_i = Panjang bangunan gedung di level
i/sejajar dengan angin.

$$25 \text{ m} \leq 4 \times \frac{25 \text{ m} \times 57,6 \text{ m}}{25 \text{ m}}$$

$$25 \text{ m} \leq 230 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

Mengacu pada SNI 1727-2013 pasal 26.9.3 bangunan beton yang memenuhi kondisi persyaratan di atas . Frekuensi alami perkiraan batas lebih-rendah (n_a) dalam Hertz boleh ditentukan dari persamaan berikut :

- Untuk beton bangunan rangka penahan momen

$$n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}}$$

$$n_a = \frac{43,5}{25^{0,9}}$$

$$n_a = 2,40, \text{ maka } n_a = 2, 40 \text{ Hz} \geq 1 \text{ Hz (OK)}$$

Dapat disimpulkan bahwa pembebanan angin pada bangunan gedung ini menggunakan prosedur pengarah sesuai SNI 1727-2013 Pasal 27

Berikut merupakan tahapan perhitungan beban angin pada bangunan :

- Menentukan Kategori Risiko Bangunan atau Struktur Lain

Sesuai dengan SNI 1727:2013 tabel 1.5-1

Tabel 4. 3 Kategori Risiko Bangunan

Penggunaan atau Pemanfaatan Fungsi Bangunan Gedung dan Struktur	Kategori Risiko
--------------------------------------------------------------------	--------------------

Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan 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. 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.	III
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting. Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat. Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas	IV

<p>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 sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis. Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari Kategori Risiko IV struktur lainnya.</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Dari tabel diatas maka bangunan gedung termasuk dalam **kategori risiko IV**

b. Menentukan Kecepatan Angin Dasar (V)

Penentuan kecepatan angin dasar (V) untuk daerah Samarinda mengacu pada BMKG samarinda dengan **kecepatan angin = 9 km/jam atau 2,5 m/s**



Gambar 4. 8 Hasil Kecepatan Angin untuk Daerah Samarinda

- c. Menentukan Faktor Arah Angin (K_d)
 Mengacu SNI 1727-2013 Tabel 26.6-1. Maka bangunan gedung ini memiliki **Faktor Arah Angin (K_d) = 0,85**

Tabel 4. 4 Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	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	0,85
Penampang lainnya	0,95

- d. Menentukan Kategori Eksposur
 Kategori Eksposur dari SNI 1727-2013 Pasal 26.7.3 didapatkan **Kategori Eksposur B**

Tabel 4. 5 Kategori Eksposur

Kategori	Eksposur
Untuk bangunan dengan tinggi rata-rata $\leq 9,1$ m ,berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah,sebagaimana ditentukan oleh kekasaran permukaan B,berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 457 m .Untuk bangunan dengan tinggi rata-rata $> 9,1$ m berlaku bilamana kekasaran permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih beasar dari (792 m) atau 20 kali bangunan ,pilih yang terbesar	B
Untuk bangunan dimana semua kasus eksposur B dan D tidak berlaku	C
Untuk bangunan bilamana permukaan tanah,sebagaimana ditentukan oleh kekerasan permukaan D,berlaku diarah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari (1524 m) atau 20 kali tinggi bangunan ,pilih yang terbesar .ekposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah segera lawan angin dari situs B atau C dan situs yang berada dalam jarak 183 m atau 20 kali bangunan ,mana yang terbesar	D

e. Menentukan Faktor Topografi (Kzt)

Sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.8.2 : Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan

lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam Pasal 2.8.1 **Maka $K_{zt} = 1$**

- f. Menentukan Faktor Tiupan Angin (G)
Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 26.9.1, didapatkan nilai **Faktor Efek Tiupan Angin (G)** untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku adalah **0.85**
- g. Menentukan Klasifikasi kertertutupan Bangunan
Berdasarkan Pasal 26.10 SNI 1727-2013 Bangunan Termasuk dalam Kategori Tertutup.
- h. Menentukan Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})
Berdasarkan Pasal 26.11 SNI 1727-2013

Tabel 4. 6 Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})

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

Berdasarkan tabel tersebut, didapatkan **$GC_{pi} = + 0,18$ dan $-0,18$** . Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.

- i. Menentukan Koefisien Eksposur Tekanan Velositas (k_z)

Sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 27.3-1 Koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat ditentukan dari formula berikut :

Untuk $15 \text{ ft } (0 - 4,6 \text{ m}) < z < z_g$:

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

Dimana eksposur B memiliki $\alpha = 7$ dan $z_g = 365,76 \text{ m}$ sesuai tabel pasal 26.9.1, maka:

$$k_z = 2,01 \times \left(\frac{25}{365,76} \right)^{2/7} = 0,93$$

k_h berdasarkan nilai dari interpolasi pada tabel 27.3-1

Tabel 4. 7 Koefisien Eksposur Tekanan Velositas K_h dan K_z

Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, K_h dan K_z				
Tabel 29.3-1				
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	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Catatan :

1. Koefisien eksposur tekanan velositas K_z boleh ditentukan dari formula berikut :

$$\begin{array}{ll} \text{Untuk } 15 \text{ ft.} \leq z \leq z_g & \text{untuk } z < 15 \text{ ft} \\ K_z = 2.01 (Z/Z_g)^{2/\alpha} & K_z = 2.01 (15/z_g)^{2/\alpha} \end{array}$$

2. A dan z_g ditabulasikan dalam Tabel 26.9.
3. Interpolasi linier untuk nilai menengah tinggi z yang berlaku
4. Kategori eksposur didefinisikan dalam Pasal 26.7.

$$\begin{aligned} \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} &= \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \\ \frac{25 - 24,4}{27,4 - 24,4} &= \frac{y - 0,93}{0,96 - 0,93} \\ \frac{1,4}{3} &= \frac{y - 0,93}{0,03} \\ y &= k_h = 0,92 \end{aligned}$$

- j. Menentukan Tekanan Velositas

Bedasarkan SNI 1727-2013 pasal 27.3.2

$$\begin{aligned} q_z &= 0,613 \times k_z \times k_{zt} \times k_d \times V^2 \\ q_z &= 0,613 \times 0,93 \times 1 \times 0,85 \times 2,5^2 \\ q_z &= 3,028 \text{ N/m}^2 \\ q_h &= 0,613 \times k_h \times k_{zt} \times k_d \times V^2 \\ q_h &= 0,613 \times 0,92 \times 1 \times 0,85 \times 2,5^2 \\ q_h &= 2,996 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

- k. Menentukan Koefisien Tekanan Eksternal (untuk dinding gedung)

Tabel 4. 8 Koefisien Tekanan Dinding C_p

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

Dimana L adalah dimensi horizontal bangunan gedung diukur tegak lurus terhadap arah angin dan B adalah horizontal bangunan gedung di ukur sejajar terhadap arah angin.

- Dinding di sisi angin datang (q_z)

$$C_p = 0,8$$

- Dinding di sisi angin pergi (q_h)

Bedasarkan Gambar didapat

L sebesar 57,6 m dan B sebesar 21,6 m

$L/B = 57,6 \text{ m}/21,6 \text{ m} = 2,67$ di interpolasikan

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

$$\frac{2,67 - 2}{4 - 2} = \frac{y - (-0,3)}{-0,2 - (-0,3)}$$

$$\frac{0,67}{2} = \frac{y + 0,3}{0,1}$$

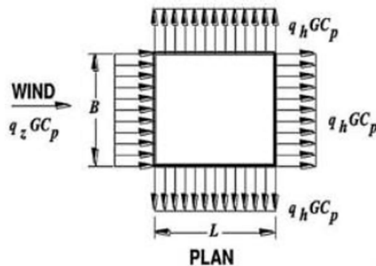
$$y = -0,2665$$

maka $C_p = -0,2665$

- Dinding Tepi (q_h)

$$C_p = -0,7$$

1. Pengaruh Tekanan Angin pada Dinding



Gambar 4. 9 Ilustrasi Tekanan Angin Paada Dinding

Berdasarkan ilustrasi diatas, beban angin yang ada adalah sebagai berikut :

$$q_z = 3,028 \text{ N/m}^2$$

$$G = 0,85$$

$$C_p = 0,8 \text{ (tekan)}, -0,2665 \text{ (hisap)}, -0,7 \text{ (tepi)}$$

$$GC_{pi} = 0,18 \text{ (tekan)}, -0,18 \text{ (hisap)}$$

Sesuai dengan SNI 1727-2013 persamaan 27.4-1 maka besaran angin datang, hisap dan tepi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Pada angin datang} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\ &= 3,028 \times 0,85 \times 0,8 - 3,028 \times 0,18 \\ &= 1,514 \text{ N/m}^2 = 0,1514 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada angin hisap} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\ &= 3,028 \times 0,85 \times -2,665 - 3,028 \times -0,18 \\ &= -6,314 \text{ N/m}^2 = -0,6314 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pada angin tepi} &= q_z \times G \times C_p - q_i \times GC_{pi} \\ &= 3,028 \times 0,85 \times -0,7 - 3,028 \times -0,18 \\ &= -1,257 \text{ N/m}^2 = -0,1257 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.3.3 Beban Gempa

- a. Menentukan Kategori Resiko Struktur Bangunan
Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2 Tabel 1, Bangunan yang didesain untuk Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah yang menjadi obyek pada tugas akhir ini termasuk kedalam **Kategori Risiko III**

Tabel 4. 9 Kategori Resiko Suatu Bangunan

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo 	III

b. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2 Tabel 2 dan kategori risiko yang didapat maka dapat ditentukan faktor keutamaan gempa yakni $I_e = 1,25$

Tabel 4. 10 Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

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

c. Menentukan Kelas Situs

Hasil tes tanah dengan kedalaman 30m pada tanah setempat (daerah Samarinda)

Tabel 4. 11 Hasil Tes Tanah SPT

Lapisan	N-SPT	Kedalaman (m)	Tebal (m) = di	N = Tebal/N-SPT	$\sum N$	$N = 30 / \sum N$
1	18	2.5	2.5	0.139	1.154	26.007
2	9	5	2.5	0.278		
3	13	7.5	2.5	0.192		
4	31	10	2.5	0.081		
5	26	12.5	2.5	0.096		
6	51	15	2.5	0.049		
7	29	17.5	2.5	0.086		
8	44	20	2.5	0.057		
9	50	22.5	2.5	0.050		
10	60	25	2.5	0.042		
11	59	27.5	2.5	0.042		
12	60	30	2.5	0.042		

$$\bar{N} = \frac{\sum di}{\sum di/N} = \frac{30}{1,154} = 26,007$$

Menurut SNI 1726-2012 Tabel 3 untuk $15 < N < 50$ maka termasuk **kelas situs SD (tanah sedang)**

Keterangan :

d = tebal setiap lapisan

N = Tahanan penetrasi standar

d. Menentukan Parameter Percepatan Gempa (S_s, S_1)

Gedung dibangun di suatu wilayah di daerah Samarinda, Kalimantan Timur dimana menurut Peta Gempa SNI parameter S_s dan S_1 untuk situs tanah di

lokasi gedung yang akan dibangun masing-masing diambil nilai $S_s = 0,308$ g dan $S_1 = 0,091$ g

e. Menentukan Koefisien Situs (F_a dan F_v)

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 4.12 dan Tabel 4.13 adalah sebagai berikut

Tabel 4. 12 Tabel Koefisien Situs F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 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 ^b				
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					

$$\begin{aligned} \text{Interpolasi nilai } S_s = 0,308 \text{ g} \\ \frac{0,5 - 0,25}{1,4 - 1,6} &= \frac{0,308 - 0,25}{x - 1,6} \\ \frac{0,25}{-0,2} &= \frac{0,058}{x - 1,6} \\ 0,25x &= 0,49 \\ x &= 1,56 \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai $F_a = 1,56$

Tabel 4. 13 Tabel Koefisien Situs Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				
CATATAN :					
(a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier					
(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik lihat 6.10.1					

Maka didapatkan nilai $F_v = 2,4$

- f. Menentukan Parameter Percepatan Desain Spektral Berdasarkan SNI 1726-2012 Persamaan 5 dan Persamaan 6 didapatkan

$$SM_S = F_a \times S_s = 1,56 \times 0,308 = 0,4901$$

$$SM_1 = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,091 = 0,2184$$

Parameter Percepatan Spektral Desain untuk perioda pendek SD_S dan pada perioda 1 detik SD_1 harus ditentukan melalui perumusan berikut ini :

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

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times 0,4901 = 0,34$$

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times 0,2184 = 0,15$$

g. Menentukan Kategori Desain Seismik
Tabel 4. 14 Kategori Desain Seismik SD_s

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

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 6 untuk $SD_s = 0,33$ memenuhi $0,33 \leq SD_s \leq 0,50$ dan termasuk kategori risiko III didapatkan **kategori desain seismik C**

Tabel 4. 15 Kategori Desain Seismik SD_1

Nilai SD_1	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$SD_1 < 0,167$	A	A
$0,067 \leq SD_1 \leq 0,133$	B	C
$0,133 \leq SD_1 \leq 0,20$	C	D
$0,20 \leq SD_1$	D	D

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 7 untuk $S_{D1}=0,15$ memenuhi $0,133 \leq S_{D1} \leq 0,20$ dan termasuk kategori risiko III didapatkan **kategori desain seismik C**

h. Menentukan Parameter Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9 untuk sistem rangka pemikul momen menengah adalah :

Koefisien Modifikasi Respons (R) : 5
 Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) : 3
 Faktor pembesaran defleksi (Cd) : 4,5

i. Menentukan Spektrum Respons Desain

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

$$T_0 = 0,2 \frac{0,15}{0,34} = 0,088 \text{ detik}$$

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

$$T_s = \frac{0,15}{0,34} = 0,441 \text{ detik}$$

j. Menentukan besar perioda fundamental struktur (T_a) pada suatu bangunan.

Tabel 4. 16 Perioda Fundamental Struktur (T_a)

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai 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

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

$$T_a = 0,0466 \times 25^{0,9} = 0,844 \text{ detik}$$

Dimana :

$$h_n = \text{Tinggi bangunan (m)}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$X = 0,9$$

- Untuk perioda lebih kecil T_0 ($T \leq T_0$) , spectrum respons percepatan desain :

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

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$) , spektrum respon percepatan desain SNI 1726:2012 pasal 6.4.2:

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar dari T_s ($T \geq T_s$), spektrum respons percepatan desain:

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

Dari perhitungan di atas, maka termasuk kedalam persamaan $T_a \geq T_s$ Sehingga didapatkan nilai $S_a = S_{D1}/T = 0,15/0,844 = 0,178 \text{ g}$

- k. Menentukan besar perioda fundamental pendekatan
- Menentukan koefisiensi untuk batas atas pada perioda yang dihitung sesuai dengan SNI 1726:2012 tabel 14

$$S_{DS} = 0,34$$

$$S_{D1} = 0,15$$

Tabel 4. 17 Parameter Percepatan

Parameter Percepatan Respons Spektral Desain pada 1 Detik, SD1	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

Maka $C_u = 1,6$

- Mencari Perioda fundamental pendekatan (T)
 - $T_a = 0,844$ detik
 - $T_c = 0,819$ detik (dari SAP)
 - $C_u \times T_a = 1,6 \times 0,844 = 1,35$ detik

$$T_c < T_a$$

0,819 detik < 0,844 detik , gunakan $T = T_a$

Maka $T = T_a = 0,844$ detik

- l. Menentukan koefisiensi respons seismik
- Sesuai SNI 1726:2012 tabel 1 dan tabel 2 fungsi bangunan sebagai gedung rumah sakit, maka termasuk dalam kategori resiko III , $I_e = 1,25$
 - Sesuai SNI 1726:2012 tabel 9 menggunakan Sistem Rangka beton bertulang pemikul momen menengah R = 5

- Perhitungan respons seismik

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s = \frac{0,34}{\left(\frac{5}{1,25}\right)}$$

$$C_s = 0,085$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan di atas tidak boleh melebihi nilai dari persamaan berikut ini :

$$C_{smax} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_{smax} = \frac{0,15}{0,844 \left(\frac{5}{1,25}\right)}$$

$$C_{smax} = 0,044$$

$$0,085 \geq 0,044 \text{ (tidak memenuhi)}$$

Nilai C_s tidak boleh kurang dari

$$C_{smin} = 0,044 S_{Ds} I_e \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,044 \cdot 0,34 \cdot 1,25 \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,0187 \geq 0,01$$

Dengan syarat

$$C_{smin} < C_s < C_{smax}$$

$$0,0187 < 0,085 > 0,044 \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Maka, } C_s = 0,085$$

- m. Menentukan gaya geser dasar nominal (statik lateral ekuivalen)

Sebelum melakukan perhitungan gaya geser dasar seismik perlu adanya perhitungan berat bangunan (W)
(Perhitungan berat per lantai bangunan dilampirkan)

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Berat Per Lantai Bangunan (W)

Lantai	Berat Lantai W _x (kN)
1	11736.54
2	10683.37
3	10683.37
4	10683.37
5	10350.44
R.Lift + Tangga	2322.62
TOTAL	56459.71

Sesuai dengan SNI 1726-2012 Gaya geser dasar seismik, V , dalam arah yang ditinjau adalah

$$V = C_s \cdot W$$

$$V = 0,085 \cdot 56459,71 \text{ kN}$$

$$V = 4799,075 \text{ kN}$$

- n. Menentukan gaya dasar seismik per Lantai (F)

Sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan 30

$$F_x = C_{VX} \cdot V$$

Sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.3 persamaan

$$31 \quad C_{VX} = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k}$$

Sehingga :

$$F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum W_i h_i^k} \cdot V$$

Dengan :

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

T = 0,844 detik

Syarat :

$T \leq 0,5$ s , maka k = 1

$T \geq 2,5$ s , maka k = 2

$0,5$ s < T < $2,5$ s , maka k ditentukan dengan interpolasi linier antar 1 dan 2

Karena $0,5$ s < T = 0,844 s < $2,5$ s detik maka digunakan interpolasi

$$\frac{2,5 - 0,5}{2 - 1} = \frac{0,844 - 0,5}{x - 1}$$

$$\frac{2 - 1}{2 - 0,344} = \frac{x - 1}{1}$$

$$2x = 2,344$$

$$x = 1,172$$

maka nilai k = 1,172

T	k
2,5	2
0,844	1,172
0,5	1

Gaya lateral untuk lantai lainnya di rangkum pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 19 Gaya Lateral Per Lantai

Lantai	Tinggi dari lantai		Berat Lantai W_x (kN)	Momen $\frac{h_x^k}{h_x} W_x$ (kN-m)	C_{vx}	$V = C_{s...} W_x$ (kN)	lateral F_x (kN)
	h_x (m)	h_x^k (m)					
Dasar	0	0	0	0	0	0	0
1	5	6.59	11736.54	77398.592	0.065	4799.075	310.25
2	9	13.13	10683.37	140307.31	0.117		562.42
3	13	20.21	10683.37	215898.53	0.180		865.43
4	17	27.67	10683.37	295661.12	0.247		1185.16
5	21	35.45	10350.44	366944.15	0.306		1470.90
R.Lift	25	43.49	2322.62	101009.97	0.084		404.90
Σ			56459.71	1197219.7			

Perhitungan Distribusi Gempa per Lantai mengacu pada buku iswandi imran

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Distribusi Gempa Per Lantai

Lantai	lateral F_x (kN)	EQX (kN)	EQY (kN)
Dasar	0	0	0
1	310.25	31025.00	31025.00
2	562.42	56242.00	56242.00
3	865.43	86543.00	86543.00
4	1185.16	118516.00	118516.00
5	1470.90	147090.00	147090.00
R.Lift	404.90	40490.00	40490.00

Catatan: karena denah gedung adalah simetris, maka beban lateral adalah sama untuk kedua arah

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Beban Gempa Per Lantai

Lantai	lateral F_x (kN)	EQX (kN)	EQY (kN)
Dasar	0	0	0
1	310.25	62.05	62.05
2	562.42	140.61	140.61
3	865.43	216.36	216.36

4	1185.16	296.29	296.29
5	1470.90	367.73	367.73
R.Lift	404.90	101.23	101.23

4.3. Perhitungan pembebanan

Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727-2013

4.3.1 Pembebanan Pelat

Struktur pelat merupakan komponen struktur sekunder dan jika dikenai pembebanan mempunyai syarat harus mengalami kehancuran terlebih dahulu dari komponen struktur primer. sehingga dalam perencanaannya komponen struktur pelat tidak dimasukkan dalam permodelan SAP2000, perhitungan struktur pelat lantai dan pelat atap harus direncanakan, dibebankan dan dihitung sendiri.

Pembebanan yang terdapat pada komponen struktur pelat disesuaikan pada SNI 1727-2013 serta brosur yang ada dipasaran. Karena struktur pelat salah satu dari komponen struktur sekunder maka direncanakan menerima beban mati dan beban hidup dengan menggunakan beban kombinasi yang terdapat pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1

❖ Pelat Atap

Tabel berikut merupakan tabel pembebanan yang digunakan pada pelat atap :

Tabel 4. 22 Perhitungan Pembebanan Pelat Atap

Beban Mati Sendiri					
	Berat Pelat (t=14 cm)	=	0,14 m x 24 kN/m ³	=	3,36 kN/m ²
TOTAL				=	3,36 kN/m ²
Beban Mati Tambahan					
	Berat <i>Waterproofing</i> (2 cm)	=	0,02 m x 0,05 kN/m ³	=	0,001 kN/m ²
	Plafond + penggantung	=		=	0,186 kN/m ²
	Mekanikal electrical	=		=	0,19 kN/m ²
TOTAL				=	0,377 kN/m ²
Beban Hidup					
	Atap datar	=		=	0,96 kN/m ²
TOTAL				=	0,96 kN/m ²

❖ Pelat Lantai 2-5

Tabel 4. 23 Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai 2-5

Beban Mati					
	Berat Pelat (t=14 cm)	=	0,14 m x 24 kN/m ³	=	3,36 kN/m ²
TOTAL				=	3,36 kN/m ²
Beban Mati Tambahan					
	Keramik (t=1 cm)	=	0,01 m x 22 kN/m ³	=	0,22 kN/m ²
	Berat Spesi (3 cm)	=	0,03 m x 22 kN/m ³	=	0,66 kN/m ²
	Plafond + penggantung	=		=	0,186 kN/m ²
	Mekanikal electrical	=		=	0,19 kN/m ²
	Plumbing	=		=	0,25 kN/m ²
TOTAL				=	1,506 kN/m ²
Beban Hidup					
	Ruang pasien	=		=	1,92 kN/m ²
	Koridor	=		=	3,83 kN/m ²
TOTAL				=	5,75 kN/m ²

4.3.2 Pembebanan Tangga

Pembebanan pada tangga terdapat pada komponen struktur yang disesuaikan dengan SNI 1727-2013 tidak jauh berbeda dengan pembebanan pada struktur pelat lantai dan atap karena struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan

hanya menerima beban mati dan beban hidup dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang terdapat pada SNI 2847-2013

❖ Pembebanan pada pelat tangga

Tabel 4. 24 Perhitungan Pembebanan Pelat Tangga

Beban Mati					
Berat Pelat (t=12 cm)	=	0,12 m x 24 kN/m ³	=	2,88	kN/m ²
Berat anak tangga	=		=	0,43	kN/m ²
TOTAL				=	3,31 kN/m ²
Beban Mati Tambahan					
Keramik (t=1 cm)	=	0,01 m x 22 kN/m ³	=	0,22	kN/m ²
Berat Spesi (2 cm)	=	0,02 m x 22 kN/m ³	=	0,42	kN/m ²
Railing	=		=	0,10	kN/m ²
TOTAL				=	0,76 kN/m ²
Beban Hidup					
Tangga	=		=	4,79	kN/m ²
TOTAL				=	4,79 kN/m ²

❖ Pembebanan pada pelat bordes

Tabel 4. 25 Perhitungan Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati					
Berat Pelat (t=12 cm)	=	0,12 m x 24 kN/m ³	=	2,88	kN/m ²
TOTAL				=	2,88 kN/m ²
Beban Mati Tambahan					

Keramik (t=1 cm)	=	0,01 m x 22 kN/m ³	=	0,22	kN/m ²
Berat Spesi (2cm)	=	0,02 m x 22 kN/m ³	=	0,44	kN/m ²
Railing	=		=	0,10	kN/m ²
TOTAL				=	0,76 kN/m ²
Beban Hidup					
Tangga	=		=	4,79	kN/m ²
TOTAL				=	4,79 kN/m ²

4.4. Perencanaan Struktur Sekunder

4.4.1. Perencanaan Pelat Lantai

Struktur pelat lantai yang dihitung pada bab ini merupakan pelat yang dikelilingi oleh balok atau terjepit penuh pada keempat sisinya. Pelat yang dihitung berjenis pelat satu arah dan pelat dua arah. Peraturan yang digunakan untuk menghitung momen yang terjadi pada pelat lantai adalah PBI 1971 pada Pasal 13.3 tabel 13.3 (1).

4.4.1.1. Pembebanan Struktur Pelat Lantai

Beban yang dipikul pelat lantai adalah beban gravitasi berdasarkan rincian pembebanan yang mengacu pada ASCE 7-2002 dan SNI 1727-2013.

a. Beban Mati

Berat sendiri (Self weight/dead load) :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat} &= 0.14 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\ &= 3.36 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Beban Mati Tambahan (Superimposed dead load)

Tabel 4. 26 Beban Mati Tambahan Pelat Lantai

Jenis Beban	Berat (kN/m ³)
Dinding	
Dinding Lantai Dasar	0.73
Dinding Lantai 2-5	0.584
Keramik	0.22
Spesi 3 cm	0.66
Plafond	0.186
Mechanical electrical	0.19
Plumbing	0.25
Lapisan Waterproof*	0.001

c. Beban Hidup (LL)

Beban hidup diklasifikasikan menurut fungsi ruang masing-masing, sebagai berikut :

Tabel 4. 27 Beban Hidup Pelat Lantai






















Jenis Beban	Berat (kN/m ³)
Ruang operasi	2.87
Ruang Pasien	1.92
Koridor	3.83

d. Kombinasi Pembebanan

Perhitungan analisis struktur pelat, digunakan kombinasi bebna ultimate $q_U = 1,2DL + 1,6LL$

e. Analisa struktur pelat lantai menggunakan tabel koefisien momen pada PBB1 1971 pada Pasal 13.3 tabel 13.3(1) sebagai berikut :

Tabel 4. 28 Koefisien Momen momen pada pelat

Tipe Pelat	Momen	ly / lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2.5
I	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25
II	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
III	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
IVA	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	13
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
IVB	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
VA	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
VIB	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
VIA	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	84	83	83	83	83
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
VIB	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
VIA	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63
	 $M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
VIB	 $M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	20	19	19	18
VIB	$M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	78	79
VIB	$M_{lx} = +0.001 qL_x^2 X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0.001 qL_y^2 X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
Keterangan :		= Terletak bebas																
		= Terjepit penuh																

Sumber : PBB1 1971 pada Pasal 13.3 tabel 13.3(1)

Dikarenakan pelat yang direncanakan terjepit penuh oleh balok pada keempat sisinya sehingga berdasarkan tabel diatas pelat termasuk kedalam tipe II dimana persamaan gaya dalam momen yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$M_{lx} = +0.001 q L_x^2 X_1$$

$$M_{ly} = +0.001 q L_x^2 X_2$$

$$M_{tx} = +0.001 q L_x^2 X_3$$

$$M_{ty} = +0.001 q L_x^2 X_4$$

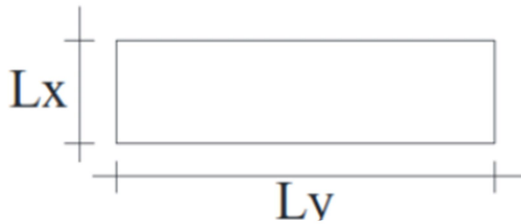
dimana:

$$M_{tx} = \text{Momen tumpuan arah-x}$$

$$M_{lx} = \text{Momen lapangan arah-x}$$

- M_{ty} = Momen tumpuan arah-y
 M_{ly} = Momen lapangan arah-y
 q = Beban ultimate
 L_x = Bentang pendek pelat
 X = Koefisien dari perbandingan l_y/l_x pelat (tabel 13.3.1 PBB1 1971)

Untuk menentukan koefien X pada analisa struktur pelat lantai mengikuti ketentuan sebagai berikut



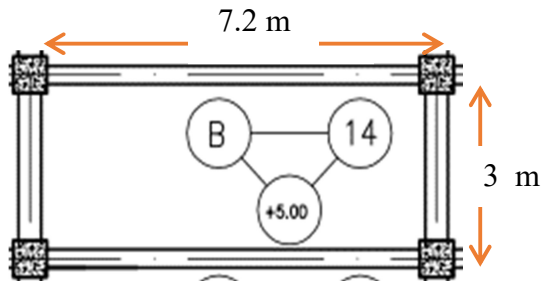
Gambar 4. 10 Ketentuan Bentang Paada Analisa Pelat Lantai

Dimana : L_x = Bentang pendek pelat

L_y = Bentang panjang pelat

Perhitungan analisis struktur pelat dalam menghitung tipe pelat jika luas area pelat tersebut diharuskan lebih dari 10 m^2 , jika kurang dari luas tersebut maka penulangan pelat dianggap menerus.

Berikut akan dibahas perhitungan pelat tipe B-1 :



Gambar 4. 11 Sketsa Pelat Tipe B-1

Beban-beban yang bekerja pada pelat lantai tipe B-1 adalah beban gravitasi. Besarnya beban-beban yang bekerja adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati (DL)

Berat sendiri ($0,14 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3$)	= 3.36 kN/m^2
Berat Dinding	= 0.73 kN/m^2
Keramik	= 0.22 kN/m^2
Spesi 3 cm	= 0.66 kN/m^2
Plafond dan penggantung	= 0.186 kN/m^2
Mechanical electrical	= 0.19 kN/m^2
Plumbing	= 0.25 kN/m^2
Lapisan Waterproof*	= 0.001 kN/m^2
qDL	= 5.60 kN/m^2

2. Beban Hidup (LL)

Lantai Atap qLL	= 0.96 kN/m^2
Lantai untuk Ruang pasien qLL	= 1.92 kN/m^2
Lantai untuk koridor qLL	= 3.83 kN/m^2
Beban Ultimate / kombinasi	

Pelat tipe A-1 lantai 1 (Koridor)

$$qU = 1,4DL$$

$$= 1.4 \times 5.60 \text{ kN/m}^2 = 7.836 \text{ kN/m}^2$$

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

$$= (1.2 \times 5.60 \text{ kN/m}^2) + (1.6 \times 3.83 \text{ kN/m}^2)$$

$$= 12.84 \text{ kN/m}^2$$

Maka untuk pengecekan pelat lantai dipakai beban kombinasi terbesar yaitu 1,2DL + 1,6LL dengan beban hidup terbesar pada ruang koridor rumah sakit :

$$12.84 \text{ kN/m}^2 = 1284 \text{ Kg.m}$$

Pelat tipe A-1 lantai 1 (Ruang Pasien):

$$qU = 1,4DL = 1.4 \times 5.60 \text{ kN/m}^2$$

$$= 7.836 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 5,60 \text{ kN/m}^2) + (1,6 \times 1,92 \text{ kN/m}^2) \\ &= 9,79 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk pengecekan pelat lantai dipakai beban kombinasi terbesar yaitu 1,2DL + 1,6LL dengan beban hidup terbesar pada ruang koridor rumah sakit = $9,79 \text{ kN/m}^2 = 979 \text{ kg/m}^2$

Pelat tipe A-1 lantai 1 (Atap)

$$\begin{aligned} q_U &= 1,4DL = 1,4 \times 5,60 \text{ kN/m}^2 = 7,836 \text{ kN/m}^2 \\ q_U &= 1,2DL + 1,6LL \\ &= (1,2 \times 5,60 \text{ kN/m}^2) + (1,6 \times 0,96 \text{ kN/m}^2) \\ &= 8,25 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk pengecekan pelat lantai dipakai beban kombinasi terbesar yaitu 1,2DL + 1,6LL dengan beban hidup terbesar pada ruang koridor rumah sakit = $8,25 \text{ kN/m}^2 = 825 \text{ kg/m}^2$

4.4.1.2. Perhitungan Momen

Dimensi Pelat tipe

$$L_y = 7200 \text{ mm} = 7,2 \text{ m}$$

$$L_x = 3000 \text{ mm} = 3 \text{ m}$$

$$\beta_1 = \frac{7,2 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 2,4 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Untuk pelat satu arah perhitungan momen yang terjadi dihitung berdasarkan tabel pelat PBBI 1971 sehingga didapatkan koefisien momen untuk nilai $l_y/l_x = 2,4$

$$X_1 = 42; \quad X_2 = 10;$$

$$X_3 = 83; \quad X_4 = 57;$$

Maka dapat dihitung momen yang terjadi berdasarkan koefisien momen diatas sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times 1284 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 42 \\ &= 485,52 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,001 \times 1284 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 10 \\ &= 115,60 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mtx &= 0.001 \times 1284 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 83 \\ &= 959.48 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

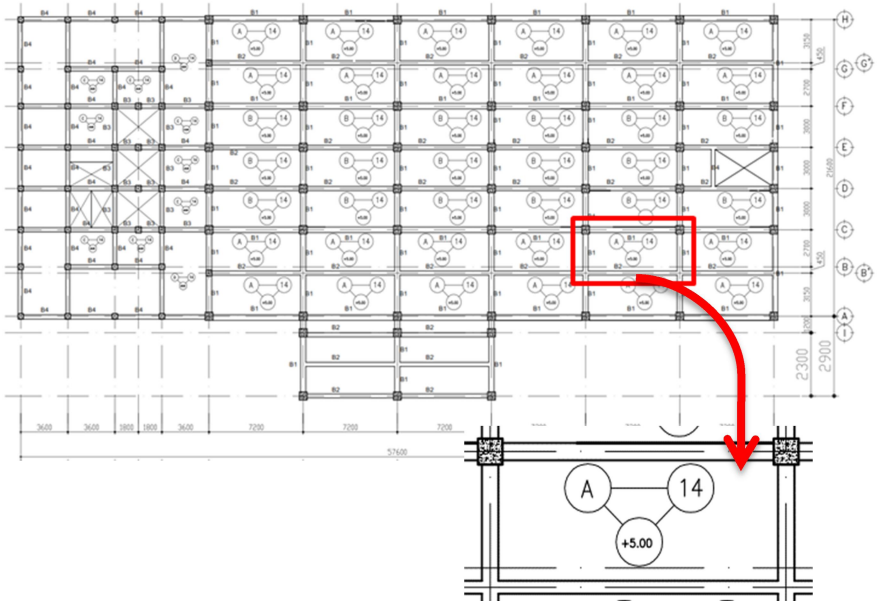
$$\begin{aligned} Mty &= 0.001 \times 1284 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 57 \\ &= 658.92 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Untuk rekapitulasi momen tipe pelat yang lainnya dapat dihitung dengan bantuan program Ms.Excel dan kemudian ditampilkan kedalam bentuk tabel berikut

Tabel 4. 29 Rekapitulasi Momen yang Terjadi pada Pelat Lantai

Tipe Pelat	Ly/Lx	Momen PBB1 1971			
		Lapangan		Tumpuan	
		X	Y	X	Y
Pelat Lantai 1					
Tipe A-1 7,2 m x 3,15 m	2,3	407,93	Pelat Satu Arah	806,14	Pelat Satu Arah
Tipe B-1 7,2 m x 3,0 m	2,4	485,52	Pelat Satu Arah	959,48	Pelat Satu Arah
Tipe C-1 3,6 m x 3,0 m	1,2	323,68	231,20	739,84	647,36
Tipe D-1 3,6 m x 6,3 m	1,8	665,85	216,40	1365,00	948,84
Pelat Lantai 2-4					
Tipe A-2 7,2 m x 3,15 m	2,3	407,93	Pelat Satu Arah	806,14	Pelat Satu Arah
Tipe B-2 7,2 m x 3,0 m	2,4	485,52	Pelat Satu Arah	959,48	Pelat Satu Arah
Tipe C-2 3,6 m x 3,0 m	1,2	323,68	231,20	739,84	647,36
Tipe D-2 3,6 m x 6,3 m	1,8	665,85	216,40	1365,00	948,84
Pelat Atap dan Ruang Lift					
Tipe A-3 7,2 m x 3,15 m	2,3	343,91	Pelat Satu Arah	679,64	Pelat Satu Arah
Tipe B-3 7,2 m x 3,0 m	2,4	311,94	Pelat Satu Arah	616,45	Pelat Satu Arah
Tipe C-3 3,6 m x 3,0 m	1,2	207,96	148,54	475,34	415,92
Tipe D-3 3,6 m x 6,3 m	1,8	427,80	139,04	877,00	609,62

4.4.1.3. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Satu Arah



Gambar 4. 12 Denah Pelat Lantai

1. Perhitungan pelat satu arah adalah pelat tipe B-1 dengan momen-momen yang terjadi sebagai berikut :

$$M_{lx} = 485.52 \text{ kg.m} = 4.8551832 \text{ kN.m}$$

$$M_{tx} = 959.48 \text{ kg.m} = 9.5947668 \text{ kN.m}$$

2. Daftar Perencanaan

$$f_{c'} = 30 \text{ Mpa}$$

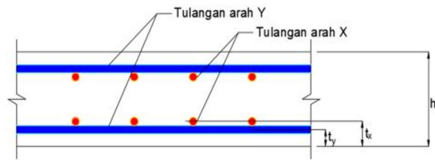
$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{pelat}} = 140 \text{ mm}$$

$$t_{\text{selimut}} = 20 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{rencana}} = 12 \text{ mm}$$

$$\varphi = 0.9$$



Gambar 4. 13 Sketsa Tulangan Pelat

3. Daerah Lapangan Arah-X

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{4855183 \text{ Nmm}}{0.9} = 5394648 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{fc'}}{fy} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0.0057$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0.85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \right) \left(\frac{600}{600+2} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times 30}{240} \right) \left(\frac{600}{600+2} \right) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$\begin{aligned} dx &= t_{pelat} - t_{selimut} - \emptyset_{rencana} \\ &= 140 - 20 - 12/2 \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{5394648 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.4151$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.4151}{240}} \right) \\ &= 0.0017 \end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0.0057 < 0.0017 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Karena nilai $\rho < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}
 Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0.0057$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0057 \times 1000 \times 114 \\ &= 650.42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan $\text{Ø}12\text{-}150$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150} \\ &= 754 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} \text{As Pakai} &> \text{As perlu} \\ 754 \text{ mm}^2 &> 640.42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\text{Ø}12 - 150$

4. Daerah Tumpuan Arah-X

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{9594767 \text{ Nmm}}{0.9} = 10660852 \text{ Nmm} \\ m &= \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{fc'}}{fy} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0.0057$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times x30}{240} \right) \left(\frac{600}{600+} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times x30}{240} \right) \left(\frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$\begin{aligned}
 dx &= t_{\text{pelat}} - t_{\text{selimut}} - \emptyset_{\text{rencana}} \\
 &= 140 - 20 - 12/2 \\
 &= 114 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{10660852 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.8203$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.8203}{240}} \right) \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\
 0.0057 &< 0.0035 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi} \\
 \text{Karena nilai } \rho &< \rho_{\min}, \text{ maka digunakan } \rho_{\min} \\
 \text{Sehingga dipakai } \rho_{\min} &= 0.0057
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0057 \times 1000 \times 114 \\
 &= 650.42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan $\emptyset 12$ -150

$$\text{As pakai} = \frac{0.25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{s}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150} \\
 &= 754 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 \text{As Pakai} &> \text{As perlu} \\
 754 \text{ mm}^2 &> 640.42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\emptyset 12$ – 150

Karena Pelat tipe B-1 merupakan pelat satu arah, dipasang tulangan susut sesuai SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1 sebagai berikut :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0018 \text{ (SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1)}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 1000 \times 114 \\ &= 205,20 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan Ø10-200

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 10^2 \times 1000}{200} \\ &= 393 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &> \text{As perlu} \\ 393 \text{ mm}^2 &> 205,20 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan Ø10-200

5. Kontrol Jarak Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat sehingga :

$$\begin{aligned} 150 \text{ mm} &< 2 \times \text{tpelat} \\ 150 \text{ mm} &< 2 \times 140 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} &< 280 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

- Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$S = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \times C_c$$

tidak boleh melebihi

$$S_{\text{max}} = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 240 \text{ MPa} = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $C_c = 20$ mm

$$s = 300 \times \left(\frac{280}{160 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \times 20 = 475 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 300 \times \frac{280}{160 \text{ Mpa}} = 525 \text{ mm}$$

Kontrol jarak tulangan yang dipakai :

Kontrol Jarak tulangan dipakai

$$150 \text{ mm} < 475 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol Geser Satu Arah Pada Pelat

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 8.3.3, nilai V_u adalah:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{w_u \cdot l_n}{2} = \frac{12,84 \text{ kN/m}^2 \times (7,2 \text{ m} - 3 \text{ m})}{2} \\ &= 26,97 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

Dimana $\lambda = 1$ untuk berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 8.6.1

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times 1 \times (\sqrt{30 \text{ Mpa}}) \times 1000 \text{ mm} \times 114 \text{ mm} \\ &= 106148,6316 \text{ N} \end{aligned}$$

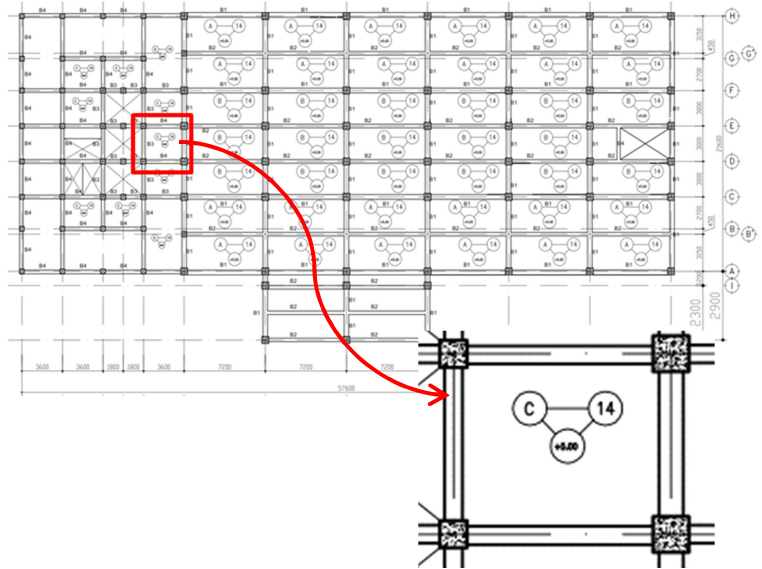
$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 106148,6316 \text{ N} \\ &= 79611,47373 \text{ N} = 79,61 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Cek } V_u < \phi V_c$$

$$26,97 \text{ kN} < 79,61 \text{ kN} (\text{OK})$$

Jadi pelat tipe B-1 memenuhi persyaratan control geser satu arah.

4.4.1.4. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Pelat Dua Arah



Gambar 4. 14 Denah Pelat Lantai

1. Perhitungan pelat dua arah adalah pelat tipe C-1 dengan momen-momen yang terjadi sebagai berikut :

$$M_{lx} = 323,68 \text{ kg.m} = 3,24 \text{ kN.m}$$

$$M_{ly} = 231,20 \text{ kg.m} = 2,31 \text{ kN.m}$$

$$M_{tx} = 739,84 \text{ kg.m} = 7,40 \text{ kN.m}$$

$$M_{ty} = 647,36 \text{ kg.m} = 6,47 \text{ kN.m}$$

2. Daftar Perencanaan

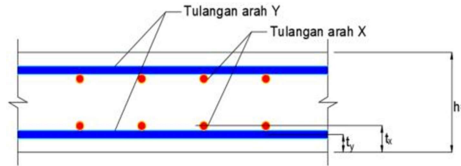
$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$t_{\text{pelat}} = 140 \text{ mm}$$

$$t_{\text{selimut}} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\emptyset_{rencana} &= 12 \text{ mm} \\ \varphi &= 0.9 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 4. 15 Sketsa Tulangan Pelat

3. Daerah Lapangan Arah-X

$$M_n = \frac{Mu}{\varphi} = \frac{32367889 \text{ Nmm}}{0.9} = 3596432 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{fc'}}{fy} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0,0057$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \left(\frac{0.85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 +} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times 3}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 2} \right) \\ &= 0.0645\end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$dx = t_{pelat} - t_{selimut} - \emptyset_{rencana}$$

$$= 140 - 20 - 12/2$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{3596432 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.2767$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.2767}{240}} \right) \\ &= 0.0012\end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0.0057 < 0.0012 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Karena nilai $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0.0057$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0057 \times 1000 \times 114 \\ &= 650.42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan $\text{Ø}12\text{-}150$

$$\begin{aligned} \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s} \\ &= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150} \\ &= 754 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek :

$$\text{As Pakai} > \text{As perlu}$$

$$754 \text{ mm}^2 > 640.42 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan $\text{Ø}12\text{-}150$

4. Daerah Lapangan Arah Y

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{2311992 \text{ Nmm}}{0.9} = 2568880 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{fc'}}{fy} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0.0057$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0.85 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \right) \left(\frac{600}{600+} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times 30}{240} \right) \left(\frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$\begin{aligned} dx &= \text{tpelat} - \text{tselimum} - \text{Ørencana} \\ &= 140 - 20 - 12/2 \\ &= 114 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{2568880 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.198 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.198}{240}} \right) \\
 &= 0.0008
 \end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &< \rho < \rho_{\text{max}} \\
 0.0057 &< 0.0008 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi} \\
 &\text{Karena nilai } \rho \text{ perlu} < \rho \text{ min, maka digunakan } \rho \text{ min}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai $\rho_{\text{min}} = 0.0057$

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0057 \times 1000 \times 114 \\
 &= 650.42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan $\text{Ø}12\text{-}150$

$$\begin{aligned}
 \text{As pakai} &= \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s} \\
 &= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150} \\
 &= 754 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 \text{As Pakai} &> \text{As perlu} \\
 754 \text{ mm}^2 &> 640.42 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan $\text{Ø}12\text{-}150$

5. Daerah Tumpuan X

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{7398374 \text{ Nmm}}{0.9} = 8220416 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412
 \end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0,0057$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600+f} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times 30}{240} \right) \left(\frac{600}{600+240} \right) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

$$dx = t_{pelat} - t_{selimut} - \emptyset_{rencana}$$

$$= 140 - 20 - 12/2$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{8220416 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.633$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.633}{240}} \right) \\ &= 0.0027 \end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0.0057 < 0.0027 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Karena nilai $\rho_{perlu} < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min}

Sehingga dipakai $\rho_{min} = 0.0057$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0057 \times 1000 \times 114$$

$$= 650.42 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan $\emptyset 12-150$

$$\text{As pakai} = \frac{0.25 \times \pi \times \emptyset^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150}$$

$$= 754 \text{ mm}^2$$

Cek :

As Pakai > As perlu

754 mm² > 640.42 mm²

Maka dipakai tulangan Ø12-150

6. Daerah Tumpuan Y

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{6473578 \text{ Nmm}}{0.9} = 7192864 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{240 \text{ Mpa}}{0.85 \times 30 \text{ Mpa}} = 9.412$$

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{240} = 0.0057$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0.85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left(\frac{0.85 \times 0.85 \times 30}{240} \right) \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0645 = 0.0484$$

dx = tpelat – tselimut – Ørencana

$$= 140 - 20 - 12/2$$

$$= 114 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{87192864 \text{ Nmm}}{1000 \times 114^2} = 0.533$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9.412} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.412 \times 0.533}{240}} \right) \\ &= 0.0023 \end{aligned}$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0.0057 < 0.0023 < 0.0484 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Karena nilai ρ perlu < ρ_{\min} , maka digunakan ρ_{\min}

Sehingga dipakai $\rho_{\min} = 0.0057$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0057 \times 1000 \times 114$$

$$= 650.42 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan Ø12-150

$$\text{As pakai} = \frac{0.25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s}$$

$$= \frac{0.25 \times \pi \times 12^2 \times 1000}{150}$$

$$= 754 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek : As Pakai} > \text{As perlu}$$

$$754 \text{ mm}^2 > 640.42 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan Ø12-150

7. Kontrol Jarak Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 13.3.2, disebutkan bahwa spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh melebihi dua kali tebal pelat sehingga :

$$150 \text{ mm} < 2 \times \text{tpelat}$$

$$150 \text{ mm} < 2 \times 140 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 280 \text{ mm (OK)}$$

- Cek Jarak Tulangan Terhadap Kontrol Retak

Pengecekan jarak tulangan terhadap kontrol retak dilakukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 10.6.4.

Syarat :

$$s = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right) - 2,5 \times C_c$$

tidak boleh melebihi

$$s_{\max} = 300 \times \left(\frac{280}{f_s} \right)$$

$$f_s = \frac{2}{3} f_y = \frac{2}{3} 240 \text{ MPa} = 160 \text{ Mpa}$$

Dengan C_c merupakan jarak terkecil dari permukaan tulangan ke muka tarik, sehingga $C_c = 20 \text{ mm}$

$$s = 300 \times \left(\frac{280}{160 \text{ Mpa}} \right) - 2,5 \times 20 = 475 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 300 \times \frac{280}{160 \text{ Mpa}} = 525 \text{ mm}$$

Kontrol jarak tulangan yang dipakai :
 Kontrol Jarak tulangan dipakai
 $150 \text{ mm} < 475 \text{ mm}$ (OK)

- Kontrol Geser Dua Arah(Pons) Pada Pelat

$$d = 114 \text{ mm}$$

Apabila lebar kolom = 600 mm maka

$$b_o = 4 \times (600 \text{ mm} + 114 \text{ mm}) = 2856 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= (l_y \times l_x - (b_{\text{kolom}} + d)^2) \times q_u \\ &= (3,6 \text{ m} \times 3 \text{ m} - (0,6 \text{ m} + 0,114 \text{ m})^2) \times 12,84 \text{ kN/m}^2 \\ &= 132,17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nilai V_c ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 (C)

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \times (0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}) \times b_o \times d \\ &= 0,75 \times (0,33 \times 1 \times \sqrt{30}) \times 2856 \times 114 \\ &= 441,37 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi V_c \\ 132,17 \text{ kN} &< 441,37 \text{ kN} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

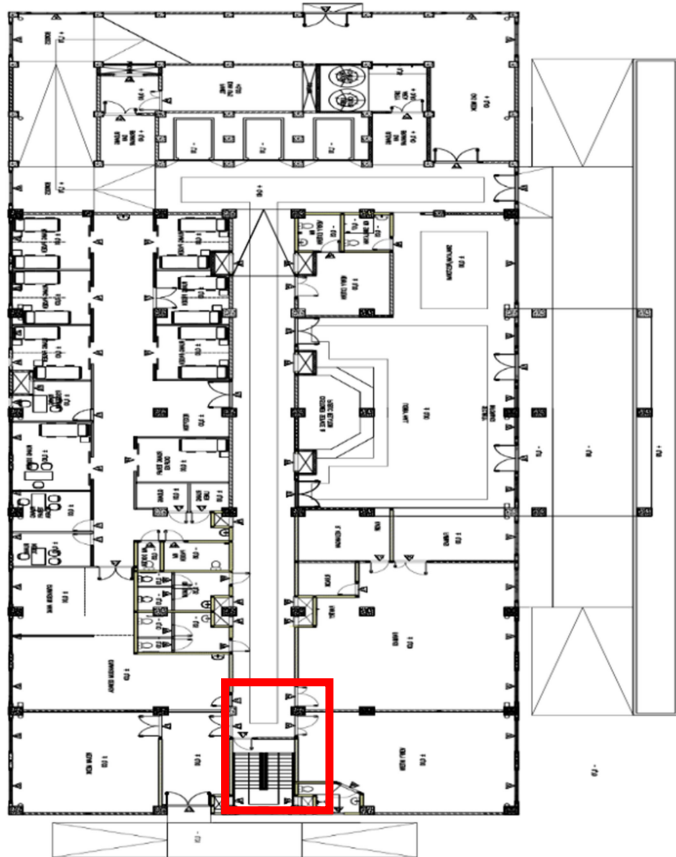
Jadi pelat tipe C-1 memenuhi persyaratan kontrol geser dua arah.

4.4.2. Perencanaan Struktur Tangga

4.4.2.1. Desain Struktur Tangga

Struktur tangga di desain meliputi pelat tangga, balok tangga, pelat bordes serta balok bordes (bila memakai).

Sebagai contoh perhitungan ditinjau tangga yang menghubungkan lantai dasar dengan lantai 2. Denah untuk penempatan tangga yang ditinjau dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 16 Denah Lokasi Tangga

4.4.2.2. Data Perencanaan Struktur Pelat Tangga dan Pelat Bordes

Spesifikasi untuk pelat tangga dan pelat bordes yang di desain sebagai berikut :

Tipe tangga = Tangga darurat
 lantai 2-5
 Mutu beton f_c' = 30 Mpa
 Mutu baja tul. Lentur f_y = 400 Mpa
 Tebal Pelat tangga = 120 mm
 Tebal Pelat Bordes = 120 mm
 Tebal efektif pelat tangga :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_1 &= \frac{1}{2} \times i \times t \\
 &= \frac{1}{2} \times 27 \times 17,5 \\
 &= 236,25 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_2 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{t^2 \times i^2} \times d \\
 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{(17,5)^2 \times (30)^2} \times d \\
 &= \frac{1}{2} \times \sqrt{1206,25} \times d
 \end{aligned}$$

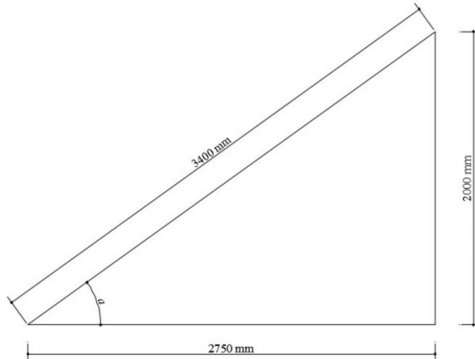
$$\text{Luas } \Delta_2 = 17,36d \text{ cm}^2$$

Persamaan Luas :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas } \Delta_1 &= \text{Luas } \Delta_2 \\
 236,25 \text{ cm}^2 &= 17,36 \text{ cm}^2 \\
 d &= 15,2 \text{ cm} \\
 \frac{1}{2} d &= 7,56 \text{ cm} \approx 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tebal efektif pelat tangga
 = Tebal rencana pelat tangga $\times \frac{1}{2} d$
 = 12 cm + 8 cm
 = 20 cm

Panjang Miring Tangga



Gambar 4. 17 Sketsa Panjang Miring Tangga

$$\begin{aligned} \text{Panjang miring tangga} &= \sqrt{(2,75)^2 + (2)^2} \\ &= 3,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\sin \alpha = \frac{2 \text{ m}}{3.4 \text{ m}} = 0,588$$

$$\cos \alpha = \frac{2,75 \text{ m}}{3.4 \text{ m}} = 0,809$$

4.4.2.3. Pembebanan Pada Tangga dan Bordes

Pembebanan pada tangga terdapat pada komponen struktur yang disesuaikan dengan SNI 1727-2013 tidak jauh berbeda dengan pembebanan pada struktur pelat lantai dan atap karena struktur tangga merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati dan beban hidup dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang terdapat pada SNI 2847-2013.

❖ Pembebanan pada pelat tangga

Tabel 4. 30 Pembebanan pada Pelat Tangga

Beban Mati					
Berat Pelat (t=12 cm)	=	0,12 m x 24	=	2,28	kN/m ²
Berat anak tangga	=		=	3,15	kN/m ²
TOTAL				=	7,95 kN/m ²
Beban Mati Tambahan					
Keramik (t=1 cm)	=	0,01 m x 22	=	0,22	kN/m ²
Berat Spesi (2 cm)	=	0,02 m x 22	=	0,44	kN/m ²
Railing	=		=	0,3	kN/m ²
TOTAL				=	0,96 kN/m ²
Beban Hidup					
Tangga	=		=	4,33	kN/m ²
Pegangan Tangga/railing	=		=	0,89	kN/m ²
TOTAL				=	5,22 kN/m ²

❖ Pembebanan pada pelat bordes

Tabel 4. 31 Pembebanan Pelat Bordes

Beban Mati					
Berat Pelat (t=12 cm)	=	0,12 m x 24	=	4,8	kN/m ²
TOTAL				=	4,8 kN/m ²

Beban Mati Tambahan					
	Keramik (t=1 cm)	=	0,01 m x 22 kN/m ³	=	0,22 kN/m ²
	Berat Spesi (2 cm)	=	0,02 m x 22 kN/m ³	=	0,44 kN/m ²
	Railing	=		=	0,3 kN/m ²
TOTAL				=	0,96 kN/m ²
Beban Hidup					
	Tangga	=		=	4,33 kN/m ²
	Pegangan Tangga/railing	=		=	0,89 kN/m ²
TOTAL				=	5,22 kN/m ²

❖ **Beban Ultimate**

Beban ultimate untuk tangga :

Qu tangga

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \text{ qDL} + 1,6 \text{ qLL} \\
 &= 1,2 (8,91 \text{ kN/m}^2) + 1,6 (5,22 \text{ kN/m}^2) \\
 &= 19,04 \text{ kN/m}^2 = 1904 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban ultimate untuk bordes :

Qu Bordes

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 \text{ qDL} + 1,6 \text{ qLL} \\
 &= 1,2 (4,8 \text{ kN/m}^2) + 1,6 (5,22 \text{ kN/m}^2) \\
 &= 14,11 \text{ kN/m}^2 = 1411 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk beban merata yang terjadi:

Pada pelat tangga (q tangga)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Qu tangga} \times \text{Lebar tangga} \\
 &= 1904 \text{ Kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 2856 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Pada pelat tangga (datar)

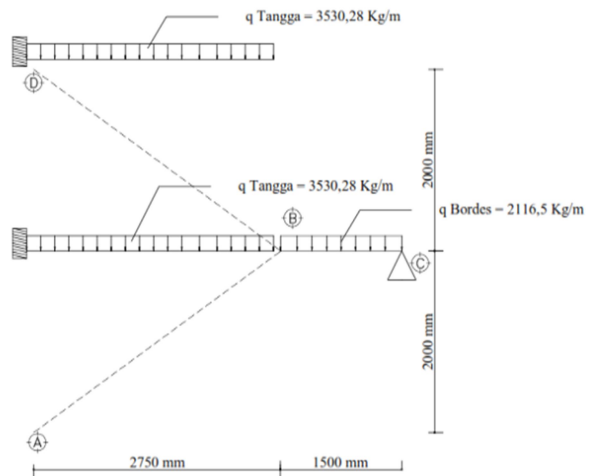
$$\begin{aligned}
 &= q \text{ tangga} / \cos \alpha \\
 &= 2856 \text{ kg/m} / 0,809 \\
 &= 3530,28 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

Pada pelat bordes

$$\begin{aligned}
 &= Q_u \text{ bordes} \times \text{Lebar bordes} \\
 &= 1411 \text{ Kg/m}^2 \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 2116,5 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

4.4.2.4. Analisis Struktur Pelat Tangga dan pelat Bordes

Untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi pada pelat tangga dan bordes, maka digunakan penyelesaian dengan cara cross / distribusi momen :



Gambar 4. 18 Free Body Diagram

Penyelesaian untuk metode cross/distribusi momen :

Faktor Distribusi (μ)

$$\mu_{BA}; \mu_{BC}; \mu_{BD} = \frac{4EI}{L} : \frac{3EI}{L} : \frac{4EI}{L}$$

$$= \frac{4EI}{2,75} : \frac{3EI}{1,5} : \frac{4EI}{2,75}$$

$$= 1,45EI : 2EI : 1,45EI$$

$$\mu_{BA} = \frac{1,45 EI}{1,45EI + 2EI + 1,45EI} = 0,296$$

$$\mu_{BC} = \frac{2 EI}{1,45EI + 2EI + 1,45EI} = 0,408$$

$$\mu_{BD} = \frac{1,45 EI}{1,45EI + 2EI + 1,45EI} = 0,296$$

Kontrol :

$$\sum \mu = 1$$

$$0,296 + 0,408 + 0,296 = 1 \text{ (OK!)}$$

$$\mu_{AB} = 0; \mu_{CB} = 0; \mu_{DB} = 0$$

Momen Primer (MF)

$$M_f AB = \frac{1}{12} \cdot q_{tangga} \cdot L^2$$

$$M_f AB = \frac{1}{12} \cdot 3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75^2$$

$$M_f AB = 2224,81 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_f BA = -\frac{1}{12} \cdot q_{tangga} \cdot L^2$$

$$M_f BA = -\frac{1}{12} \cdot 3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75^2$$

$$M_f BA = -2224,81 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$M_f BC = \frac{1}{8} \cdot q_{bordes} \cdot L^2$$

$$M_f BC = \frac{1}{8} \cdot 2116,5 \text{ kg/m} \cdot 1,5^2$$

$$M_f BC = 595,27 \text{ Kg.m}$$

$$M_f BD = \frac{1}{12} \cdot q_{tangga} \cdot L^2$$

$$M_f BD = \frac{1}{12} \cdot 3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75^2$$






$$M_f BD = 2224,81 \text{ Kg.m}$$

$$M_f DB = -\frac{1}{12} \cdot q_{tangga} \cdot L^2$$

$$M_f DB = -\frac{1}{12} \cdot 3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75^2$$

$$M_f DB = -2224,81 \text{ Kg.m}$$

Tabel 4. 32 Perhitungan Momen Distribusi

TITIK	A	B			D
BATANG	AB	BA	BC	BD	DB
FD	0	-0.296	-0.408	-0.296	0
MF	2224.81	-2224.81	595.27	2224.81	-2224.81
MD	0	-176.20	-242.87	-176.20	0
MI	-88.10	0	0.00	0	-88.10
MD	0	0	0	0	0
Momen Akhir	2136.71	-2401.01	352.3998	2048.61	-2312.91
					

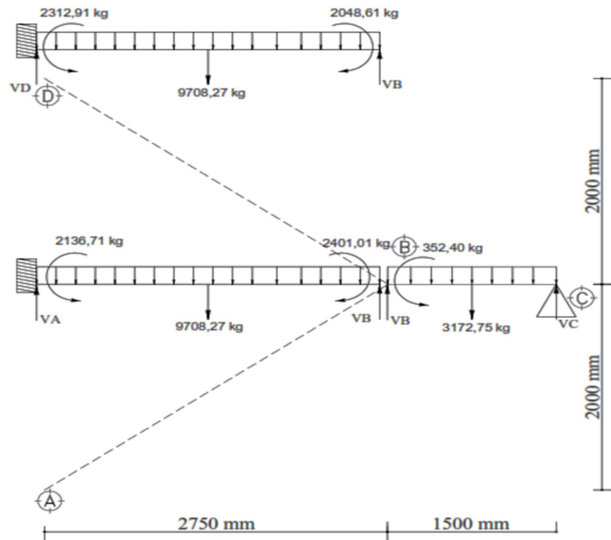
$$\text{Kontrol, } \sum MB = 0$$

$$MBA + MBC + MBD = 0$$

$$-2401,01 \text{ kg.m} + 352,40 \text{ kg.m} + 2048,61 \text{ kg.m} = 0$$

$$0 = 0$$

(OK!)



Gambar 4.17 Free Body diagram

Maka, gaya yang terjadi pada batang AB adalah :

$$L = 2,75 \text{ m}$$

Batang BA

$$\sum M_A = 0$$

VB Misal



$$-VB \cdot L + M_{BA} + Q \cdot \frac{1}{2} \cdot L - M_{AB} = 0$$

$$-VB \cdot L + M_{BA} + (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L - M_{AB} = 0$$

$$-VB \cdot 2,75 \text{ m} - 3809,21 \text{ kg} \cdot \text{m} + (3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75 \text{ m}) \cdot 1,375 \text{ m} - 1432,61 \text{ kg} \cdot \text{m} = 0$$

$$VB = 2948,02 \text{ Kg}$$



$$VA = 6760,25 \text{ Kg}$$



$$\text{Kontrol } \sum V = 0$$

$$VA + VB - q \cdot L = 0$$

$$6760,25 \text{ Kg} + 2948,02 \text{ Kg} - (3530,28 \text{ Kg/m} \cdot 2,75 \text{ m}) = 0$$

$$= 0$$

$$= 0 \text{ (OK!)}$$

Batang CB

$$\sum M_c = 0$$

VB Misal ↑

$$VB \cdot L - Q \cdot \frac{1}{2} \cdot L - MBC = 0$$

$$VB \cdot L - (q \cdot L) \cdot \frac{1}{2} \cdot L - MBC = 0$$

$$VB \cdot 1,5 \text{ m} - (2116,5 \text{ Kg/m} \cdot 1,5 \text{ m}) \cdot 0,75 \text{ m} - 352,40 \text{ kg.m} = 0$$

$$VB = 1822,30 \text{ Kg}$$

$$V_A = 1352,44 \text{ Kg}$$

Momen maksimum terjadi pada gaya lintang
 $D = 0$ pada jarak x , sehingga

$$\sum V = 0$$

$$V_A - q \cdot X = 0$$

$$6760,25 \text{ Kg} - 3530,28 \text{ Kg.m} \cdot X = 0$$

$$X = 1,91$$

Maka untuk momen maksimum yang terjadi adalah :

$$M_{\max} = V_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2 - MAB$$

$$= 6760,25 \text{ Kg} \cdot 1,91 \text{ m} - \frac{1}{2} \cdot 3530,28$$

$$\text{Kg.m} (1,91)^2 - 2136,71 \text{ Kg.m}$$

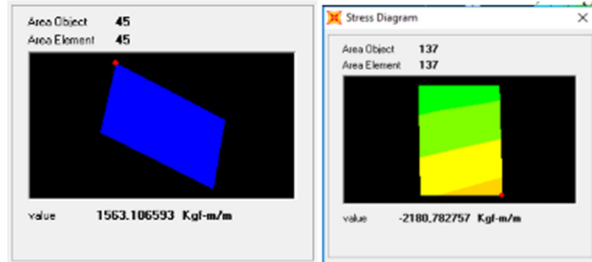
$$= 12945,43 - 6439,41 - 2136,71$$

$$= 1369,31 \text{ Kg.m}$$

Untuk momen yang akan ditinjau menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\text{Pelat Tangga} = 10,99 \text{ Kn.m}$$

$$\text{Pelat Bordes} = 20,05 \text{ Kn.m}$$



Gambar 4. 20 Hasil Analisa SAP 2000

4.4.2.5. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes Lantai 1

- a. Data Perencanaan
- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| Mutu beton (f_c) | = 30 |
| Mutu baja (f_y) | = 400 Mpa |
| Berat jenis beton | = 2400 kg/m ³ |
| Tinggi lantai 1 ke lantai 2 | = 5 m |
| Lebar injakan tangga (i) | = 30 cm |
| Tinggi anak tangga (t) | = 17.5 cm |
| Tebal selimut beton | = 2 cm |
| Diameter Tulangan | = 13 mm |
| b | = 1000 mm |
| \emptyset | = 0,85 |

b. Perhitungan Pelat

- Pelat Tangga

$$h_{\min} = \frac{L}{20} \times \left(0,4 \times \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h_{\min} = \frac{3000}{20} \times \left(0,4 \times \frac{240}{700} \right)$$

$$h_{\min} = 111,4 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

- $L_y/L_x = 3,9 \text{ m} / 1,5 \text{ m} = 2,6 (> 2 ; \text{Pelat satu Arah})$

- Tebal Manfaat pelat

$$\begin{aligned} dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \text{Ølentur} \\ &= 120 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} \\ &= 93,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \text{Ølentur} - \frac{1}{2} \cdot \text{Ølentur} \\ &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm} \\ &= 80,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Tulangan Arah x (Sumbu Pendek)

Karena pelat tangga tipe 1 merupakan pelat satu arah, maka bentang-x dipasang tulangan susut sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 7.12.2.1 Sebagai berikut :

$$\rho_{perlu} = 0,0018$$

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,0018 \times 1000 \times 93,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 168,3 \text{ mm}^2$$

Direncanakan Tulangan Ø10 – 200

$$A_{s_{pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s}$$

$$A_{s_{pakai}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 10^2 \times 1000}{200}$$

$$A_{s_{pakai}} = 392,5 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$\begin{aligned} A_{s \text{ Perlu}} &< A_{s \text{ Pakai}} \\ 168,3 \text{ mm}^2 &< 392,5 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jadi dipakai **tulangan Ø10 – 200**

d. Tulangan Arah y (Sumbu Panjang)

$$M_{22} = M_{uy}$$

$$M_{uy} = 22.52 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{27,52}{0,8} = 34,40 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{34400000 \text{ Nmm}}{(1000 \times 80,5^2)} = 5,31 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

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

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,0244$$

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

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 6,05}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,01754$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0,0035 < 0,0175 < 0,0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

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

$$A_{S_{perl}} = 0,0175 \times 1000 \times 80,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 1211,27 \text{ mm}^2$$

Direncanakan Tulangan D13 – 100

$$A_s \text{ Pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s}$$

$$A_s \text{ Pakai} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{100}$$

$$A_s \text{ Pakai} = 1326,65 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$\begin{array}{lcl} A_s \text{ Perlu} & < & A_s \text{ Pakai} \\ 1211,27 \text{ mm}^2 & < & 1326,65 \text{ mm}^2 \text{ (OK)} \end{array}$$

4.4.2.6. Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Pelat Bordes Lantai 2

- a. Data Perencanaan
- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| Mutu beton (f_c) | = 30 |
| Mutu baja (f_y) | = 400 Mpa |
| Berat jenis beton | = 2400 kg/m ³ |
| Tinggi lantai 2 ke lantai 3 | = 4 m |
| Lebar injakan tangga (i) | = 30 cm |
| Tinggi anak tangga (t) | = 17.5 cm |
| Tebal selimut beton | = 2 cm |
| Diameter Tulangan | = 13 mm |
| b | = 1000 mm |
| ϕ | = 0,85 |

- b. Perhitungan Pelat

- Pelat Tangga

$$h_{\min} = \frac{L}{20} \times \left(0,4 \times \frac{f_y}{700}\right)$$

$$h_{\min} = \frac{3000}{20} \times \left(0,4 \times \frac{400}{700}\right)$$

$$h_{\min} = 111,4 \text{ mm} = 120 \text{ mm}$$

- $L_y/L_x = 2,7 \text{ m} / 1,5 \text{ m} = 1,8 (< 2 ; \text{Pelat dua arah})$
- Tebal Manfaat pelat
 - $dx = \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \cdot \text{Ølentur}$
 - $= 120 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}$
 - $= 93,5 \text{ mm}$
 - $dy = \text{tebal pelat} - \text{decking} - \text{Ølentur} - \frac{1}{2} \cdot \text{Ølentur}$
 - $= 120 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ mm}$
 - $= 80,5 \text{ mm}$

c. Tulangan Arah x (Sumbu Pendek)

$$M_u = M_{ux}$$

$$M_{ux} = 14,07 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{14,07}{0,8} = 17,59 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{17587500 \text{ Nmm}}{(1000 \times 93,5^2)} = 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$p_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$p_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$p_b = 0,0325$$

$$p_{maks} = 0,75 \times p_b$$

$$p_{maks} = 0,75 \times 0,0325$$

$$p_{maks} = 0,0244$$

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

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

$$p_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 2,01}{400}} \right)$$

$$p_{perlu} = 0,0052$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0,0035 < 0,0052 < 0,0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

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

$$A_{s_{perlu}} = 0,0052 \times 1000 \times 93,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 490,43 \text{ mm}^2$$

Direncanakan Tulangan D13 – 200

$$As \text{ Pakai} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s}$$

$$As \text{ Pakai} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$As \text{ Pakai} = 663,33 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$As \text{ Perlu} < As \text{ Pakai}$$

$$490,43 \text{ mm}^2 < 663,33 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipakai **tulangan D13 - 200**

d. Tulangan Arah y (Sumbu Panjang)

$$M_{22} = M_{uy}$$

$$M_{uy} = 34,31 \text{ kN.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{34,31}{0,8} = 42,89 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{42887500 \text{ Nmm}}{(1000 \times 80,5^2)} = 6,62 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

$$p_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \left[\frac{600}{600 + f_y} \right]$$

$$p_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \times \left[\frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$p_b = 0,0325$$

$$p_{maks} = 0,75 \times p_b$$

$$p_{maks} = 0,75 \times 0,0325$$

$$p_{maks} = 0,0244$$

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

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

$$p_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{(2 \times 15,686) \cdot 6,62}{400}} \right)$$

$$p_{perlu} = 0,01954$$

Kontrol nilai ρ

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

$$0,0035 < 0,0195 < 0,0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

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

$$A_{S_{perlu}} = 0,0195 \times 1000 \times 80,5$$

$$A_{s_{perlu}} = 1285,30 \text{ mm}^2$$

Dicoba Tulangan D13 – 100

$$A_{s \text{ Pakai}} = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{s}$$

$$A_{s \text{ Pakai}} = \frac{0,25 \times 3,14 \times 13^2 \times 1000}{100}$$

$$A_{s \text{ Pakai}} = 1326,65 \text{ mm}^2$$

Syarat :

$$A_{s \text{ Perlu}} < A_{s \text{ Pakai}}$$

$$1285,30 \text{ mm}^2 < 1326,65 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Jadi dipakai tulangan **D13 - 100**

4.5. Perencanaan Struktur Primer

4.5.1. Perencanaan Balok

4.5.1.1. Perencanaan Balok Induk (B1)

Data perencanaan Balok Induk berdasarkan gambar denah pembalokan. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000. Selajutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

A. Gambar Rencana

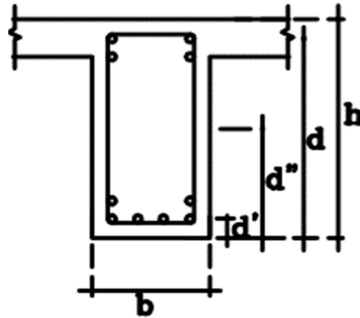


Gambar 4. 21 Rencana Denah Pembalokan (Balok Induk B1)

B. Data Perencanaan

- Tipe Balok	=	BI1	
- Bentang sloof (L)	=	7200	mm
- $B_{\text{Balok Anak}}$	=	450	mm
- $H_{\text{Balok Anak}}$	=	650	mm
- Kuat tekan beton (f_c')	=	30	Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	=	400	Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	=	240	Mpa
- Diameter tulangan lentur (D)	=	19	mm
- Diameter Tulangan geser (\emptyset)	=	10	mm
- Spasi jarak antar tulangan sejajar	=	30	mm
- Tebal selimut	=	40	mm
- Faktor β_1	=	0.85	
- Faktor reduksi kekuatan lentur	=	0.9	
- Faktor reduksi kekuatan geser	=	0.75	
- Faktor reduksi kekuatan torsi	=	0.75	

C. Perhitungan Tulangan Balok Anak



Gambar 4. 22 Sketsa Penampang Balok Induk (BI1)

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{Tebal selimut} - \emptyset_{\text{sengkang}} - 1/2 D_{\text{tulangan}} \\
 &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm} \\
 &= 590.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \text{Øsengkang} + \frac{1}{2} \text{Dtulangan lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

D. Hasil Output dan Diagram Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Hasil output didapat nilai terbesar pada frame 1916 ,berikut adalah hasil output analisa permodelan SAP2000.

Hasil Output Puntir

- Kombinasi = $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
- Momen Puntir = 3485.52 Kgm



Gambar 4. 23 Hasil Output SAP 2000 Momen Puntir Balok Induk Tipe BI1

Hasil Output Diagram Momen Lentur

- Kombinasi = $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
- Momen Tumpuan Kiri = 18547.83 Kgm



Gambar 4. 24 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Induk Tipe BI1

- Kombinasi = $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
- Momen Tumpuan Kanan = 14568.28 Kgm



Gambar 4. 25 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Tipe B11

- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Momen Lapangan = 17721.56 Kgm



Gambar 4. 26 Hasil Output Momen Lentur Lapangan Balok Induk Tipe B11

Hasil Output Diagram Gaya Geser

- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Gaya Geser = 15094.9 Kgm



Gambar 4. 27 Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Tipe B11

E. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 450 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} \\ &= 292500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 (450 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) \\ &= 2200 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset_{geser}) \\
 &= (450 - (2 \cdot 40) - 10) \times (650 - (2 \cdot 40) - 10) \\
 &= 201600 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Keliling dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_{oh} &= 2[(b_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - \emptyset)] \\
 &= 2 \times [(450 - (2 \times 40) - 10) + (650 - (2 \times 40) - 10)] \\
 &= 1840 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

F. Penulangan Puntir

$$T_u = 3485.52 \text{ kgm} = 34855200 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir nominal yang diperlukan berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.6

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\
 &= \frac{3485.5}{0.75} = 4647.4 \text{ Kgm} = 464736000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{min}} &= \phi \times 0,083 \times \lambda \sqrt{f'c'} \times \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \\
 T_{u_{min}} &= 0,75 \times 0,083 \times \lambda \times \sqrt{30} \times \frac{292500^2}{2200} \\
 T_{u_{min}} &= 13259557,87 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_{u_{maks}} &= \phi \times 0,33 \times \lambda \sqrt{f'c'} \times \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \\
 T_{u_{maks}} &= 0,75 \times 0,33 \times \lambda \times \sqrt{30} \times \frac{292500^2}{2200} \\
 T_{u_{maks}} &= 52718724,07 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- Cek Pengaruh Momen Puntir
Syarat :
 $T_u < T_{u \text{ min}}$, maka tulangan puntir diabaikan
 $T_u > T_{u \text{ min}}$, maka memerlukan tulangan puntir

maka :

$$\begin{array}{rcl} T_u & < & T_{u \text{ min}} \\ 34855200 \text{ Nmm} & > & 13259558 \text{ Nmm} \end{array}$$

Maka Memerlukan Tulangan Puntir

- Tulangan Puntir Untuk Lentur
Tulangan yang direncanakan untuk tulangan longitudinal tambahan untuk menahan lentur sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \left(\frac{f_{yt}}{f_y} \right) \times \cot^2 \theta$$

Dimana :

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

$$\begin{array}{rcl} \text{dengan : } A_o & = & 0.85 \times A_{oh} \\ & = & 0.85 \times 201600 \\ & = & 171360 \text{ mm}^2 \\ \theta & = & 45 \text{ (beton non-prategang)} \end{array}$$

Sehingga tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} A_l &= 0.29 \times 1840 \times \left(\frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45 \\ &= 533.6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Puntir Longitudinal Minimum

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &> \frac{0.175 \times b_w}{f_{yt}} \\ 0.29 \text{ mm} &> \frac{0.175 \times 450}{400} \\ 0.29 \text{ mm} &> 0.1969 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Nilai A_l minimal :

$$\begin{aligned}
 A_{l\min} &= \left(\frac{0.42 \times \sqrt{f_c} \times A_{cp}}{f_y} \right) - \frac{A_t}{s} \times P_{oh} \times \frac{f_{yt}}{f_y} \\
 &= \left(\frac{0.42 \times \sqrt{30} \times 292500}{400} \right) \\
 &\quad - 0.29 \times 1840 \times \frac{400}{400} \\
 &= 1148.593 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$A_{\text{perlu}} < A_{\text{min}}$, maka menggunakan A_{min}

$A_{\text{perlu}} > A_{\text{min}}$, maka menggunakan A_{perlu}

Cek

$A_{\text{perlu}} < A_{\text{min}}$

$533.6 \text{ mm}^2 < 1148.59 \text{ mm}^2$

Maka menggunakan A_{min}

- Distribusi Tulangan Torsi

Luas tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke 4 sisi pada penampang balok, sehingga :

$$\frac{A_{\text{perlu}}}{4} = \frac{533.6 \text{ mm}^2}{4}$$

Pernyebaran tulangan torsi pada tulangan memanjang dibagi merata pada setiap sisinya :

Pada sisi atas disalurkan pada tulangan tarik balok.

Pada sisi bawah disalurkan pada tulangan tekan balok.

Pada sisi samping (sisi kanan dan sisi kiri) mendapatkan tambahan sebesar :

$$2 \times \frac{A_{\text{perlu}}}{4} = 2 \times 133.4 = 266.8 \text{ mm}^2$$

Direncanakan memakai Tulangan Puntir D16

- Luasan Tulangan Lentur Puntir Pasang (As)

$$\begin{aligned}\text{Luas Tulangan Puntir} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 16^2 \\ &= 200.96 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Tulangan Puntir} \\ n &= \frac{A_l}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{266.80 \text{ mm}^2}{200.96 \text{ mm}^2}\end{aligned}$$

$$\text{Dipasang tulangan 2D16} = 1.33 \approx 2 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan puntir} \\ &= 2 \times 200.96 \text{ mm}^2 \\ &= 401.92 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 401.92 \text{ mm}^2 &\geq 266.8 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi}\end{aligned}$$

G. Penulangan Lentur

Garis netral dalam kondisi balance

$$\begin{aligned}X_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d' \\ X_b &= \frac{600}{600 + 400} \times 59 \\ &= 354.3\end{aligned}$$

Garis netral maksimum

$$\begin{aligned}X_{\text{maks}} &= 0.75 X_b \\ X_{\text{maks}} &= 0.75 \times 354.3 \\ X_{\text{maks}} &= 265.725 \text{ mm}\end{aligned}$$

Garis netral minimum

$$X_{\text{min}} = d'$$

$$= 59.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana X_r berdasarkan batasan diatas

$$X_r = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times \beta_1 \times f_c' \times b_w \times X_r \\ &= 0.85 \times 30 \times 0.85 \times 450 \times 150 \\ &= 1463062.5 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0.85 \times f_c' \times \beta_1 \times b_w \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85 \times 450 \times 150}{400} \\ &= 3657.66 \end{aligned}$$

- Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Mn_c &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ Mn_c &= 3657,66 \times 400 \times \left(590 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ Mn_c &= 863921825 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ \rho_b &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.03251 \\ &= 0.0244 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc'} = \frac{400}{0.85 \times 30} = 15.686$$

- **Daerah tumpuan kiri**

- Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar :

Momen ultimate tumpuan kiri

$$Mu = 18547.83 \text{ kg} = 185478300 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kiri

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{185478300}{0.9} \\ &= 206087000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap

$Mns > 0$, Maka perlu tulangan lentur rangkap

$Mns < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur rangkap

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 206087000 \text{ Nmm} - 863921825 \text{ Nmm}$$

$$= -657834825 \text{ Nmm}$$

$$Mns < 0$$

$$-657834825 \text{ Nmm} < 0$$

Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{206087000}{0.9 \times 450 \times 591^2} \\ &= 1.46 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,46}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0038$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0038 < 0.0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0.0035$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 350 \times 590 \\ &= 998.908 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)
Direncanakan diameter tulangan lentur adalah D19
Luas Tulangan Lentur $= \frac{1}{4} \pi D^2$
 $= \frac{1}{4} \pi 19^2$
 $= 283.529 \text{ mm}^2$

Jumlah tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{998.908 \text{ mm}^2}{283.529 \text{ mm}^2} \\ &= 3.52 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6 D19

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 6 \times 283.529 \text{ mm}^2 \\ &= 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\text{As pasang} \geq \text{As perlu}$$

$$1700.31 \text{ mm}^2 \geq 998.908 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{geser}) - (n \times \text{Dlentur})}{(n - 1)}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 19)}{6 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 47.2 \text{ mm}$$

Syarat :

$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$ (25 mm) disusun 1 lapis

$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}}$ (25 mm) disusun lebih dari 1 lapis

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$47.2 \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 lapis}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (A_s')
Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$A_s' = 0.3 \times A_s$$

$$= 0.3 \times 1700.1 \text{ mm}^2$$

$$= 510.093 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{510.09 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.2 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tekan 4D19

$$A_s \text{ pasang} = n \times \text{Luas tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2$$

$$= 1133.54 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 1133.54 \text{ mm}^2 &\geq 510.1 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b-(2t_{\text{decking}})-(2 \varnothing_{\text{geser}})-(nxD_{\text{lentur}})}{(n-1)}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{6-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 104.00 \text{ mm}$$

$$S_{\text{maks}} = 104.00 \text{ mm} \geq 25 ; \text{ Maka disusun 1 lapis}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \varnothing \text{ lentur} \\ &= 6 \times 0.25 \times \pi \times 19^2 \\ &= 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \varnothing \text{ lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1700.31 \text{ mm}^2 \geq 566.77 \text{ mm}^2 \approx \text{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 6 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 4 \text{ D } 19$$

$$As \text{ pasang} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(As - As') \times fy}{0,85 \times fc' \times bw}$$

$$a = \frac{(1701,172 \text{ mm}^2 - 1133,54 \text{ mm}^2) \times 400}{0,85 \times 30 \times 450}$$

$$a = 19,77$$

$$Cc' = 0.85 \times fy \times b \times a$$

$$= 0.85 \times 30 \times 450 \times 19.77$$

$$= 226708 \text{ N}$$

$$Cs' = As \text{ pasang} \times fy$$

$$= 1133.54 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$= 453416 \text{ N}$$

$$Mn = (Cc' \times (d - \frac{a}{2})) + Cs' (d-d'')$$

$$Mn = (226708 \times (590.5 - \frac{19.77}{2})) + 453416$$

$$(590.5 - 59.5)$$

$$Mn = 372395470.3 \text{ Nmm}$$

Kontrol

$$\phi Mn \text{ pasang} > Mu$$

$$0.9 \times 372395470.3 > 185478300$$

$$335155923.3 > 185478300 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Anak (BII) pada daerah tumpuan kiri dipasang

Tulangan Tarik 1 lapis = 6 D 19

Tulangan Tekan 1 lapis = 4 D 19

- **Daerah Tumpuan Kanan**

- Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar :

Momen ultimate tumpuan Kanan

$$Mu = 14568.28 \text{ kg} = 145682800 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{1456800}{0.9} \\ &= 161869777.8 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap
 $M_{ns} > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= 161869777.8 \text{ Nmm} - 863921825 \text{ Nmm} \\ &= -702052047 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal.

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{161869777.8}{0.9 \times 450 \times 590.5^2} \\ &= 1.15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ \rho_{perlu} &= \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,15}{400}} \right) \\ &= 0.0029 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0.0035 &< 0.0029 < 0.0244 &\rightarrow \text{Tidak Memenuhi} \\ \text{Sehingga dipakai } \rho_{\min} &= 0.0035 \\ \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \end{aligned}$$

$$= 0.0035 \times 450 \times 591$$

$$= 930.04 \text{ mm}^2$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)
Direncanakan diameter tulangan lentur adalah D19
Luas Tulangan Lentur = $\frac{1}{4} \pi D^2$
= $\frac{1}{4} \pi 19^2$
= 283.385 mm^2

Jumlah tulangan tarik

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}}$$

$$n = \frac{930.0375}{283.385 \text{ mm}^2}$$

$$= 3.28 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6D 19

$$\text{As pasang} = n \times \text{Luas tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2$$

$$= 1700.31 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\text{As pasang} \geq \text{As perlu}$$

$$1700.31 \text{ mm}^2 \geq 930.04 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2 \text{ Ø geser}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{(n - 1)}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 19)}{6-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 47.20 \text{ mm}$$

Syarat :

$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm})$ disusun 1 lapis

$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm})$ disusun lebih dari 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{maks} &\geq S_{sejajar} \\ 47.20 &\geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 lapis} \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (A_s')
Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$\begin{aligned} A_s' &= 0.3 \times A_s \\ &= 0.3 \times 1700.31 \text{ mm}^2 \\ &= 510.093 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{340.062 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.2 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tekan 4 D 19

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 4 \times 283.529 \text{ mm}^2 \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &\geq A_s \text{ perlu} \\ 1133.54 \text{ mm}^2 &\geq 510.093 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Syarat :

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$ (25 mm) disusun 1 lapis

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$ (25 mm) disusun lebih dari 1 lapis

$S_{maks} \geq S_{sejajar}$

- Kontrol Tulangan Tekan

Direncanakan memakai tulangan Tarik 2D19

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{Ø geser}) - (n \times D_{lentur})}{(n - 1)}$$

$$S_{maks} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 91.33 \text{ mm}$$

$$S_{maks} = 91.33 \text{ mm} \geq 25 ; \text{ Maka disusun 1 lapis}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ Ø lentur} \\ &= 6 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ Ø lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1133.54 \text{ mm}^2 \geq 377.8467 \text{ mm}^2 \approx \text{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 4 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 2 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 566.77 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(As - As') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{566.77 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 19.76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0.85 \times f_y \times b \times a \\
 &= 0.85 \times 30 \times 450 \times 19.76 \\
 &= 226708 \text{ N} \\
 Cs' &= A_s \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 1700.31 \times 400 \\
 &= 680124 \text{ N} \\
 Mn &= (Cc' \times (d - \frac{a}{2})) + Cs' \times (d - d'') \\
 Mn &= (226708(440.5 - \frac{19.77}{2})) + 680124(590.5 - 59.5) \\
 Mn &= 492777418.3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi M_n \text{ pasang} &> Mu \\
 0.9 \times 492777418.3 &> 145682800 \\
 443499676.5 &> 145682800 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Induk (BI1) pada daerah tumpuan kanan dipasang :
 Tulangan Tarik 1 lapis = 6 D 19
 Tulangan Tekan 1 lapis = 4 D 19

- **Daerah Lapangan**

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar

Momen ultimate lapangan

$$Mu = 17721.56 \text{ Nmm}$$

Momen nominal lapangan

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{177215600}{0.9} = 196906222.2 \text{ Nmm}$$

- Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap
 $Mns > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan
 $Mns < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan
 $Mns = Mn - Mnc$
 $= 196906222.2 \text{ Nmm} - 863921825 \text{ Nmm}$

$$= -667015603 \text{ Nmm}$$

Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap, sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{196906222.2}{0.9 \times 450 \times 590.5^2} \\ &= 1,39 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,39}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,00359$$

- Kontrol

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

$$0.00350 < 0.00359 < 0.0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Maka dipakai : $\rho_{perlu} = 0.00359$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00359 \times 450 \times 590.5 \\ &= 953.080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\
 &= 283.39 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan tarik

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\
 &= \frac{953.08 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\
 &= 3.36 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 4 D 19

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\
 &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\
 &= 1133.54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\
 1133.54 \text{ mm}^2 &\geq 953.080 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 \text{Smaks} &= \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{4 - 1} \\
 \text{Smaks} &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4 - 1} \\
 \text{Smaks} &= 104.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

Smaks > Ssejajar (25 mm) disusun 1 baris

Smaks < Ssejajar (25 mm) disusun lebih dari 1 baris

Smaks \geq Ssejajar

104.00 mm \geq 25 mm \rightarrow maka disusun 1 lapis

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (As')

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$\begin{aligned}
 \text{As}' &= 0.3 \times \text{As} \\
 &= 0.3 \times 1133.54 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 340.062 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{340.062 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.2 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6 D – 19

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 6 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 566.77 \text{ mm}^2 &\geq 340.062 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Jarak tulangan tekan

$$\text{Smaks} = \frac{b - (2 \times t_{\text{decking}}) - (2 \times \emptyset_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{(n - 1)}$$

$$\text{Smaks} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 19)}{6-1}$$

$$\text{Smaks} = 47.5 \text{ mm}$$

Syarat :

Smaks > Ssejajar (25 mm) disusun 1 lapis

Smaks < Ssejajar (25 mm) disusun lebih dari 1 lapis

Smaks = 47.5 mm \geq 25 \rightarrow Maka disusun 1 lapis

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 283.385 = 1133.385 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 283.385 = 1700.31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1133.385 \geq 377.85 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 4 D 19$$

$$\text{As pasang} = 1133.385 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 6 D 19$$

$$\text{As pasang} = 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{566.77 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 19.76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0.85 \times f_y \times b \times a \\ &= 0.85 \times 30 \times 450 \times 19.76 \\ &= 226708 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \text{ pasang} \times f_y \\ &= 566.77 \times 400 \\ &= 226708 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = (C_c' \times (d - \frac{a}{2})) + C_s' (d - d'')$$

$$M_n = (226708 \times (590.5 - \frac{19.76}{2})) + 226708 (590.5 - 59.5)$$

$$M_n = 252013522.3 \text{ Nmm}$$

- Kontrol

$$\phi M_n \text{ pasang} > M_u$$

$$0.9 \times 252013522.3 > 177215600$$

$$226812170.1 > 177215600 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Induk (BI1) pada daerah Lapangan dipasang

Tulangan Tarik 1 baris = 4 D 19

Tulangan Tekan 1 baris = 6 D 19

H. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya terfaktor geser dari SAP2000, yaitu :

$$V_u = 15094.9 \text{ kgf}$$

$$= 150949 \text{ N}$$

Momen Nominal diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan dengan luas tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik 6 D 19} = 1700.31 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan 4 D 19} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

- Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{(A_s') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b_w}$$

$$a = \frac{(1700.31 \text{ mm}^2) \times 240}{0.85 \times 30 \times 450}$$

$$a = 11.85$$

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

$$M_{nl} = 1700,31 \times 240 \left(581 - \frac{11,85}{2} \right)$$

$$M_{nl} = 79516424,52 \text{ N}$$

- Momen nominal tumpuan Kanan

$$a = \frac{(A_s') \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b_w}$$

$$a = \frac{(1700,31 \text{ mm}^2) \times 240}{0,85 \times 30 \times 450}$$

$$a = 11,85$$

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

$$M_{nr} = 1700,31 \times 240 \left(581 - \frac{11,85}{2} \right)$$

$$M_{nr} = 79516424,52 \text{ N}$$

- Gaya Uji pada Perletakan Geser

$$l_n = \text{bentang balok bersih}$$

$$= l_{\text{balok}} - (2 (0,5 \times \text{Bkolom}))$$

$$= 7200 - (2 (0,5 \times 600))$$

$$= 6600 \text{ mm}$$

$$V_{u_1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u - l_n}{2}$$

$$V_{u_1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u$$

$$V_{u_1} = \frac{79516424,52 + 79516424,52}{6600} + 506996$$

$$V_{u_1} = 825021,1907 \text{ N}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.1.2 nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5,48 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 0.17 \times 1 \times 5.48 \times 450 \times 590.5 \\ &= 247549.41 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_{Smin} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 450 \times 590.5 \\ &= 88575 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{3} \times 5.48 \times 450 \times 590.5 \\ &= 485145 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{smaks} &= 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= 2/3 \times 5.48 \times 450 \times 590.5 \\ &= 970782 \text{ N} \end{aligned}$$

- Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 dan 3 sampai 1/2 bentang balok

- a. Perhitungan Penulangan Geser Balok Wilayah 1 dan 3

Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 175045 \text{ N}$$

Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$V_{u1} \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$175045 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 247549.41 \text{ N}$$

$$175045 \text{ N} \leq 92784.03 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq Vu1 \leq \phi \times V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 247549.41 \text{ N} \leq 175045 \text{ N} \leq 0.75 \times 247549.41 \text{ N}$$

$$92831.02875 \text{ N} \leq 175045 \text{ N} \leq 185568.06 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 2

Kontrol jarak spasi tulangan geser, bila $s = 100 \text{ mm}$

$$S_{maks} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \leq \frac{590.5}{4}$$

$$100 \leq 147.6 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang memerlukan tulangan geser minimum, maka luas penampang sengkang yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{V_{perlu}} &= A_{V_{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{450 \times 100}{3 \times 240} \\ &= 62.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran $\emptyset 10$ dengan 2 kaki

$$\begin{aligned} A_{V_{pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$A_{V_{pakai}} > A_{V_{perlu}}$$

$$157 \text{ mm}^2 > 125 \text{ mm}^2 \approx \text{OK}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 1 dan 3 adalah Ø10 - 100 mm

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan dengan panjang maksimal tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

Cek Persyaratan :

1. Spakai $< d/4$
 $100 \text{ mm} < 590.5 / 4$
 $100 \text{ mm} < 147.6 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
2. Spakai $< 8 D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
3. Spakai $< 24 D_{\text{geser}}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 100 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 2400 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
4. Spakai $< 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

b. Wilayah 2

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{V_{u_2}}{0.5 \times L_n - 2h} &= \frac{V_{u_1}}{0.5 \times L_n} \\ V_{u_2} &= \frac{V_{u_1} \times (0.5 \times L_n - 2h)}{0.5 \times L_n} \\ &= \frac{175045 \times (0.5 \times 7200 - 2 \times 650)}{0.5 \times 7200} \\ &= 111834.23 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$V_{u_1} \leq 0.5 \times \varphi \times V_c$$

$$111834.2329 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \text{ N}$$

$$111834.2329 \text{ N} \leq 92784.03 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \varphi \times V_c \leq V_{u_1} \leq \varphi \times V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \leq 111834.2329 \text{ N} \leq 0.75 \times 247424.1 \text{ N}$$

$$92784.03008 \text{ N} \leq 111834.2329 \text{ N} \leq 185568.0602 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 2

- Kontrol jarak spasi tulangan geser

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

$$s_{maks} \leq \frac{d}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{590.5}{2}$$

$$100 \text{ mm} \leq 295.3 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang menggunakan tulangan geser minimum, maka luas penampang sengkang yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{perlu}}} &= A_{V_{\text{min}}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{450 \times 150}{3 \times 240} \\ &= 93.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran $\emptyset 10$ dengan 2 kaki

- Maka luas penampang geser :

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{pakai}}} &> A_{V_{\text{perlu}}} \\ 157 \text{ mm}^2 &> 93.75 \text{ mm}^2 \approx \text{OK} \end{aligned}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 2 $\emptyset 10$ -100 mm

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan dengan panjang maksimal tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

Cek Persyaratan :

- a. Spakai < $d/2$
 $150 \text{ mm} < 4590.5 / 2$
 $150 \text{ mm} < 295.3 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- b. Spakai < $8 D$ lentur
 $150 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $150 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- c. Spakai < $24 D$ geser
 $150 \text{ mm} < 24 \times 10$
 $150 \text{ m} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- d. Spakai < 300 mm
 $150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**

I. Perhitungan Panjang Penyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan panjang penyaluran tulangan berdasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 12.2.

1. Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2

$$l_d = \frac{f_y}{1.1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \left[\frac{\Psi_e \times \Psi_t \times \Psi_s}{\frac{c_b \times k_{tr}}{d_b}} \right] \times d_b$$

Persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk sederhana dengan menganggap $(c_b + K_{tr})d_b = 1,5$, yang diperbolehkan dalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2. Untuk tulangan D22 menggunakan persamaan :

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

λ = faktor beton ringan, $\lambda = 1$ untuk beton norm

db = diameter tulangan

Maka :

$$ld = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 19$$

$$= 816.21 \text{ mm} \rightarrow 1000 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai ld tidak boleh daripada 300 mm

$$ld > 300 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran dalam kondisi tarik terbesar.

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan ldc dan factor kelebihan tulangan :

$$ldc = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld$$

$$= \frac{998.9}{1133.54} \times 1000$$

$$= 881.228 \text{ mm} \approx 850 \text{ mm}$$

2. Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan

Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2 diatur mengenai panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan, yang diambil dari nilai terbesar antara persamaan berikut :

$$l_{d1} = \left(\frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \right) \times db$$

$$l_{d1} = \left(\frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \right) \times 19$$

$$l_{d1} = 333,015 \text{ mm}$$

$$l_{d2} = 0,043 \times f_y \times db$$

$$l_{d2} = 0,043 \times 400 \times 19$$

$$l_{d2} = 326,8 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terbesar dari persamaan

$$l_{dc} = 333,015 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai l_d tidak boleh lebih kecil daripada 200 mm

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan sebesar 400 mm

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan l_{dc} dan factor kelebihan tulangan

$$l_{d \text{ reduksi}} = \left(\frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ pasang}}} \right) \times l_{dc}$$

$$l_{d \text{ reduksi}} = \left(\frac{125}{157,08} \right) \times 400$$

$$l_{d \text{ reduksi}} = 265,005 \text{ mm}$$

3. Angkur

Untuk perhitungan angkur berdasarkan SNI 2847 -2013 Pasal 12.5.2 dimana :

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times db$$

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \right) \times 19$$

$$l_{dh} = 333,02 \text{ mm} = 390 \text{ mm}$$

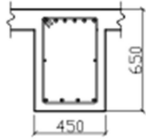
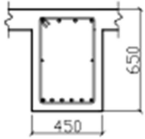
- Syarat : nilai l_{dh} tidak boleh kurang dari 8 db dan 150 mm

$$l_{dh} \geq 8db$$

$$333,02 \text{ mm} \geq 8 \times 19$$

$$333,02 \text{ mm} \geq 152 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{array}{rcl}
 l_{dh} & \geq & 150 \text{ mm} \\
 333.02 \text{ mm} & \geq & 150 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}
 \end{array}$$

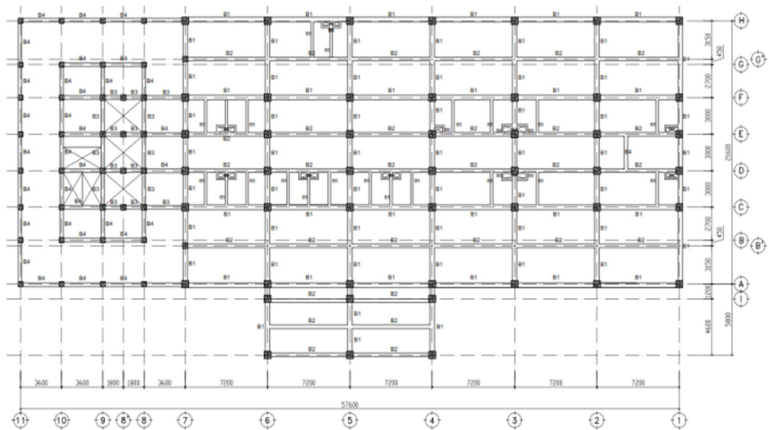
TYPE	B1	
	Tumpuan	Lapangan
Gambar Potongan		
B x H	450 x 650	450 x 650
TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
TULANGAN TORSI	2 D16	2 D16
TULANGAN BAWAH	4 D19	6 D19
TULANGAN GESER	2Ø10-100	2Ø10-150

Gambar 4. 28 Penampang Balok Induk B1

4.5.1.2. Perencanaan Balok Anak (B2)

Data perencanaan Balok Anak berdasarkan gambar denah pembalokan. Hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa SAP2000. Selanjutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

A. Gambar Rencana

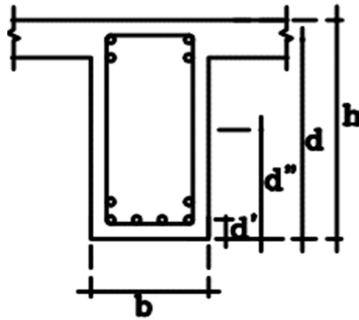


Gambar 4. 29 Denah Rencana Pembalokan Balok Anak (BA1)

B. Data Perencanaan

- Tipe Balok = BA1
- Bentang sloof (L) = 7200 mm
- B Balok Anak = 350 mm
- H Balok Anak = 500 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) = 19 mm
- Diameter Tulangan geser (\emptyset) = 10 mm
- Spasi jarak antar tulangan sejajar = 30 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- Faktor β_1 = 0.85
- Faktor reduksi kekuatan lentur = 0.9
- Faktor reduksi kekuatan geser = 0.75
- Faktor reduksi kekuatan torsi = 0.75

C. Perhitungan Tulangan Balok Anak



Gambar 4. 30 Sketsa Penampang Balok Anak (BA1)

$d = h - \text{Tebal selimut} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} D_{\text{tulangan lentur}}$

$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}$

$d = 440.5 \text{ mm}$

$d' = h - \text{Tebal selimut} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} D_{\text{tulangan lentur}}$

$d' = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}$

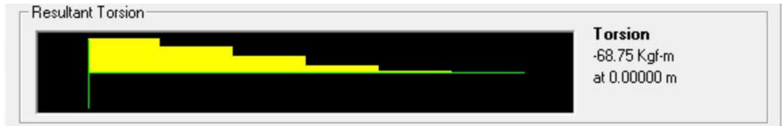
$d' = 440.5 \text{ mm}$

D. Hasil Output dan Diagram Analisa SAP 2000

Setelah dilakukan analisa menggunakan program SAP2000, maka didapatkan hasil output dan diagram gaya dalam sehingga digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Hasil output didapat nilai terbesar pada frame 1916, berikut adalah hasil output analisa permodelan SAP2000

Hasil Output Puntir

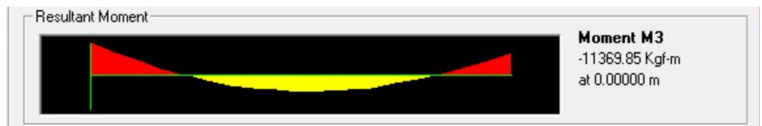
- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Momen Puntir = 68.75 Kgm



Gambar 4. 31 Hasil Output SAP 2000 Momen Puntir Balok Anak (BA1)

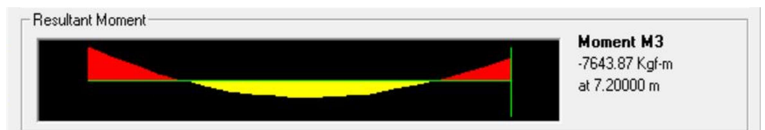
Hasil Output Diagram Momen Lentur

- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Momen Tumpuan Kiri = 11369.85 Kgm



Gambar 4. 32 Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kiri Balok Anak (BA1)

- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Momen Tumpuan Kanan = 7643.87 Kgm



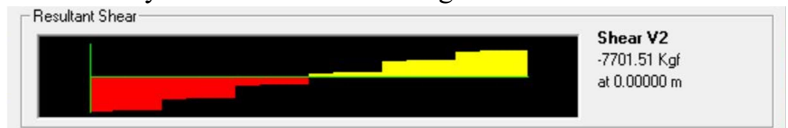
Gambar 4. 33 Hasil Output SAP 2000 Momen Tumpuan Kanan Balok Anak (BA1)

- Kombinasi = $1,2D + 1,6 L + 0,5 Lr$
- Momen Lapangan = 5375.69 Kgm



Gambar 4. 34 Hasil Output SAP 2000 Momen Lapangan Balok Anak (BA1)

- Kombinasi = $1,2D + 1,6L + 0,5Lr$
- Gaya Geser = $7701.51Kgm$



Gambar 4. 35 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser Balok Anak (BA1)

E. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 350 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \\ &= 175000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 (350 \text{ mm} + 500 \text{ mm}) \\ &= 1700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{.decking} - \emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{.decking} - \emptyset) \\ &= (350 - 2 \times 40 - 10) \times (500 - 2 \times 40 - 10) \\ &= 106600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2 [(b_{balok} - 2t_{.decking} - \emptyset) \times (h_{balok} - 2t_{.decking} - \emptyset)] \\ &= 2 [(350 - 2 \times 40 - 10) + (500 - 2 \times 40 - 10)] \end{aligned}$$

$$= 1340 \text{ mm}$$

F. Penulangan Puntir

$$Tu = 68.75 \text{ kgm} = 687500 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir nominal yang diperlukan berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.3.6

$$T_n = \frac{Tu}{\phi} = \frac{68,75}{0,75} = 91,7 \text{ Kgm}$$

$$= 91666666,7 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi di bawah ini :

$$Tu_{min} = \phi \times 0,083 \times \lambda \sqrt{f'c'} \times \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$Tu_{min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \frac{175000^2}{1700}$$

$$Tu_{min} = 6142245,33 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$Tu_{maks} = \phi \times 0,33 \times \lambda \sqrt{f'c'} \times \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$Tu_{maks} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \frac{17500^2}{1600}$$

$$Tu_{maks} = 24420975,43 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_u < Tu_{min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > Tu_{min}$, maka memerlukan tulangan puntir

maka :

$T_u < Tu_{min}$

687500.0 Nmm < 6142245.33 Nmm (Tulangan Puntir diabaikan)

G. Penulangan Lentur

Garis netral dalam kondisi balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 441$$

$$X_b = 233,40 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{\text{maks}} = 0.75 X_b$$

$$X_{\text{maks}} = 0.75 \times 264.30$$

$$X_{\text{maks}} = 198.225 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{\text{min}} = d'$$

$$= 59.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana X_r berdasarkan batasan diatas :

$$X_r = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_r$$

$$= 0.85 \times 30 \times 350 \times 0.85 \times 150$$

$$= 1137937.5 \text{ N}$$

Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$A_{sc} = \frac{0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_r}{f_y}$$

$$= \frac{0.85 \times 30 \times 350 \times 0.85 \times 150}{400}$$

$$= 2844.84$$

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{n_c} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{n_c} = 2844,84 \times 400 \times \left(150 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right)$$

$$M_{n_c} = 170677728 \text{ Nmm}$$

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

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

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

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,85 \times \rho_b = 0,85 \times 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

- **Daerah Tumpuan Kiri**

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar :

Momen ultimate tumpuan kiri

$M_u = 113698500 \text{ Nmm}$

Momen nominal tumpuan kiri

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{113698500}{0,9} \\ &= 126331666,7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap

$M_{ns} > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} = M_n - M_{nc}$

$$= 126331666,7 \text{ Nmm} - 170677728 \text{ Nmm}$$

$$= -44346062 \text{ Nmm}$$

(Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$= \frac{126331666.7}{0.9 \times 350 \times 441^2}$$

$$= 2.07$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,07}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0054$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0054 < 0.0244 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0.0054$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0054 \times 350 \times 441 \\ &= 831.84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{831.84 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

$$= 2.94 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6 D19

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 6 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 1133.54 \text{ mm}^2 &\geq 831.8 \text{ mm}^2 \approx \textbf{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\emptyset_{\text{gerser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4-1} \\ S_{\text{maks}} &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &> S_{\text{sejajar}} \text{ (25 mm) disusun 1 baris} \\ S_{\text{maks}} &< S_{\text{sejajar}} \text{ (25 mm) disusun lebih dari 1 baris} \\ S_{\text{maks}} &\geq S_{\text{sejajar}} \\ 58 \text{ mm} &\geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 baris} \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (As')

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$\begin{aligned} \text{As}' &= 0.3 \times \text{As} \\ &= 0.3 \times 1133.54 \text{ mm}^2 \\ &= 340.062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{340.06 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.20 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 2 D19

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 2 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 566.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 566.77 \text{ mm}^2 &\geq 340.062 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{gerser}}) - (n \times d_{\text{lentur}})}{n-1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2-1} \\ S_{\text{maks}} &= 212.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}), \text{disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}), \text{disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$212.00 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 lapis}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga :

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \underline{1} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 1133.54 \text{ mm}^2 \\
 \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ } \emptyset \text{ lentur} \\
 &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 1133.54 \text{ mm}^2 \\
 M_{\text{lentur tumpuan (+)}} &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}
 \end{aligned}$$

$$113.54 \text{ mm}^2 \geq 377.84 \text{ mm}^2 \approx \mathbf{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang tulangan tarik} &= 4 \text{ D } 19 \\
 \text{As pasang} &= 1133.54 \text{ mm}^2 \\
 \text{As pasang tulangan tekan} &= 2 \text{ D } 19 \\
 \text{As pasang} &= 566.77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(\text{As} - \text{As}') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{566.77 \times 400}{0.85 \times 30 \times 350} \\
 &= 25.40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times f_y \times b \times a \\
 Cc' &= 0,85 \times 400 \times 350 \times 25,40 \\
 Cc' &= 3022773,33 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_{s_{\text{pasang}}} \times f_y \\
 Cs' &= 566,77 \times 400 \\
 Cs' &= 226708 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + Cs' (d' - d'') \\
 M_n &= \left(3022773,33 \text{ N} \times \left(440,5 - \frac{25,40}{2} \right) \right) \\
 &\quad + 226708 \text{ N} (440,5 - 61) \\
 M_n &= 183361265,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}\phi M_n \text{ pasang} &> \mu \\ 0.9 \times 183361265.3 &> 113698500 \\ 165025138.8 &> 113698500 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Anak (BA1) pada daerah tumpuan kiri dipasang

Tulangan Tarik 1 lapis = 4 D 19

Tulangan Tekan 1 lapis = 2 D 19

- **Daerah Tumpuan Kanan**

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar

Momen ultimate tumpuan kanan

$$\mu = 76438700 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan kanan

$$M_n = \frac{\mu}{\phi} = \frac{76438700}{0.9} = 84931888.89 \text{ Nmm}$$

- Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap

$M_{ns} > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 84931888.89 \text{ Nmm} - 170677728 \text{ Nmm}$$

$$= -85745839 \text{ Nmm}$$

(Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{\phi \times b \times d^2} \\ &= \frac{84931888.89}{0.9 \times 350 \times 441^2} \\ &= 1.39\end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 1,39}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0036$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0036 < 0.0244 \quad \text{Memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0.0036$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0036 \times 350 \times 441 \\ &= 551.02 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah tulangan tarik

$$n = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}}$$

$$n = \frac{551.02 \text{ mm}^2}{283.39 \text{ mm}^2} = 1.94 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan tarik 4 D19

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 1133.54 \text{ mm}^2 &\geq 551.0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{gerser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 58.00 \text{ mm}$$

Syarat :

$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}}$ (25 mm), disusun 1 baris

$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}}$ (25 mm), disusun lebih dari 1 baris

$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$

58 mm \geq 25 mm \rightarrow maka disusun 1 lapis

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (A_s')

Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$A_s' = 0.3 \times A_s$$

$$= 0.3 \times 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$= 340.062 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{340.06 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.20 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 2 D19

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 2 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 566.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

As pasang \geq As perlu

$$566.77 \text{ mm}^2 \geq 340.062 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{gerser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 212.00 \text{ mm}$$

- Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$212.00 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 baris}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \phi \text{ lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \phi \text{ lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$113.54 \text{ mm}^2 \geq 377.8466667 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 4 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 2 \text{ D } 19 \\ \text{As pasang} &= 566.77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{566.77 \times 400}{0.85 \times 30 \times 350} \\ &= 25.40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f_y \times b_w \times a \\ Cc' &= 0,85 \times 400 \times 350 \times 25,40 \\ Cc' &= 3022773,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= A_{s_{pasang}} \times f_y \\ Cs' &= 566,77 \times 400 \\ Cs' &= 226708 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + Cs' (d' - d'') \\ M_n &= \left(3022773,33 \text{ N} \times \left(440,5 - \frac{25,40}{2} \right) \right) \\ &\quad + 226708 \text{ N} (440,5 - 61) \\ M_n &= 183361265,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned} \phi M_n \text{ pasang} &> \mu \\ 0.9 \times 183361265.3 &> 76438700 \\ 165025138.8 &> 76438700 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Anak (BA1) pada daerah tumpuan kanan dipasang
 Tulangan Tarik 1 baris = 4 D 19
 Tulangan Tekan 1 baris = 2 D 19

- **Daerah Lapangan**

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar

Momen ultimate lapangan

$$M_u = 53756900 \text{ Nmm}$$

Momen nominal lapangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{53756900 \text{ Nmm}}{0,85}$$

$$M_n = 59729888,89 \text{ Nmm}$$

- Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap

$M_{ns} > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= 59729888.89 \text{ Nmm} - 170677728 \text{ Nmm}$$

$$= - 110947839 \text{ Nmm}$$

(Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$= \frac{59729888.89}{0.9 \times 350 \times 441^2}$$

$$= 0.977$$

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

$$\rho_{pertu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,977}{400}} \right)$$

$$\rho_{pertu} = 0,0025$$

- Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0025 < 0.0244 \quad \textbf{Tidak Memenuhi}$$
 Sehingga dipakai $\rho = 0.0035$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0035 \times 350 \times 441$$

$$= 539.61 \text{ mm}^2$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\text{Luas Tulangan Lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 19^2$$

$$= 283.39 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan tarik

$$n = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}}$$

$$n = \frac{539.61 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} = 1.94 \approx 4 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan tarik 4 D19

$$\text{As pasang} = n \times \text{Luas tulangan lentur}$$

$$= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2$$

$$= 1133.54 \text{ mm}^2$$

- Kontrol

$$\text{As pasang} \geq \text{As perlu}$$

$$1133.54 \text{ mm}^2 \geq 539.61 \text{ mm}^2 \rightarrow \textbf{Memenuhi}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{gerser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 19)}{4-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 58.00 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}), \text{disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}), \text{disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

58 mm \geq 25 mm \rightarrow maka disusun 1 baris

- Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (A_s')
Luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik sesuai dengan SNI 2847 2013 Pasal 212.3.4.1

$$\begin{aligned} A_s' &= 0.3 \times A_s \\ &= 0.3 \times 1133.54 \text{ mm}^2 \\ &= 340.062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 19^2 \\ &= 283.39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{340.06 \text{ mm}^2}{283.385 \text{ mm}^2} \\ &= 1.20 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tekan 2 D19

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 2 \times 283.385 \text{ mm}^2 \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &\geq A_s \text{ perlu} \\ 566,77 \text{ mm}^2 &\geq 340.062 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{geser}}) - (n \times D_{\text{lentur}})}{n-1} \\ S_{\text{maks}} &= \frac{350 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 19)}{2-1} \end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} = 212.00 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$212.00 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 baris}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 4 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 1133.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As}' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 2 \times 283.385 \text{ mm}^2 = 566,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$1133.54 \text{ mm}^2 \geq 377,85 \text{ mm}^2 \rightarrow \mathbf{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 4 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 1133.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 2 \text{ D } 19$$

$$\text{As pasang} = 566,77 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(As - As') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{566.77 \times 400}{0.85 \times f_c' \times b} \end{aligned}$$

$$= 0,85 \times 30 \times 350$$

$$= 25,40$$

$$Cc' = 0,85 \times fy \times bw \times a$$

$$Cc' = 0,85 \times 400 \times 350 \times 25,40$$

$$Cc' = 3022773,33 \text{ N}$$

$$Cs' = As_{pasang} \times fy$$

$$Cs' = 566,77 \times 400$$

$$Cs' = 226708 \text{ N}$$

$$Mn = \left(Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \right) + Cs'(d' - d'')$$

$$Mn = \left(3022773,33 \text{ N} \times \left(440,5 - \frac{25,40}{2} \right) \right) + 226708 \text{ N}(440,5 - 61)$$

$$Mn = 183361265,3 \text{ Nmm}$$

- Kontrol

$$\phi Mn \text{ pasang} > Mu$$

$$0,9 \times 183361265,3 > 53756900$$

$$242763312 > 53756900 \rightarrow \text{OK}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Anak (BA1) pada daerah lapangan dipasang

$$\text{Tulangan Tarik 1 lapis} = 4 \text{ D } 19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Tekan 1 lapis} = 2 \text{ D } 19 = 566,77 \text{ mm}^2$$

H. Perhitungan Tulangan Geser

Gaya terfaktor geser dari SAP2000, yaitu :

$$Vu = 7701,51 \text{ kgf}$$

$$= 77015,1 \text{ N}$$

- Momen Nominal

Momen Nominal diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan dengan luas tulangan sebagai berikut :

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 4\text{D } 19 = 1133,54 \text{ mm}^2$$

As pasang tulangan tekan = 2D 19 = 566.77 mm²

- Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{(As') \times fy}{0,85 \times fc' \times bw}$$

$$a = \frac{(566,77 \text{ mm}^2) \times 240}{0,85 \times 30 \times 350}$$

$$a = 15,24$$

$$Mnl = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mnl = 566,77 \times 240 \left(411 - \frac{15,24}{2} \right)$$

$$Mnl = 58882355,98 \text{ N}$$

- Momen nominal tumpuan kanan

$$a = \frac{(As') \times fy}{0,85 \times fc' \times bw}$$

$$a = \frac{(566,77 \text{ mm}^2) \times 240}{0,85 \times 30 \times 350}$$

$$a = 15,24$$

$$Mnr = As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mnr = 566,77 \times 240 \left(411 - \frac{15,24}{2} \right)$$

$$Mnr = 58882355,98 \text{ N}$$

- Gaya geser pada ujung perletakan

$$ln = \text{bentang balok bersih}$$

$$= L_{\text{balok}} - (2 (0.5 \times B_{\text{kolom}}))$$

$$= 7200 - (2 (0.5 \times 600))$$

$$= 6600 \text{ mm}$$

$$Vu_1 = \frac{Mnl + Mnr}{Ln} + \frac{Wu - Ln}{2}$$

$$V_{u_1} = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{L_n} + V_u$$

$$V_{u_1} = \frac{58882355,98 + 58882355,98}{6600} + 77015,1$$

$$V_{u_1} = 94858,24 \text{ N}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')
 Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.1.2 nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

$\sqrt{f_c'}$	< 8,3	Mpa
$\sqrt{30}$	< 8,3	Mpa
5.47 Mpa	< 8,3	Mpa → Memenuhi

- Kuat Geser Beton

$$V_c = 0.17 \times l \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 0.17 \times 1 \times 5.47 \times 350 \times 440.5$$

$$= 143556.713 \text{ N}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 350 \times 441$$

$$= 51392 \text{ N}$$

$$V_{S_{\max}} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= \frac{1}{3} \times 5.48 \times 350 \times 441$$

$$= 562968 \text{ N}$$

- Pembagian Wilayah Geser Balok
 Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu :
 1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2)

2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 dan 3 sampai 1/2 bentang balok

- Perhitungan Penulangan Geser Balok

• Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 94858 \text{ N}$$

- Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$V_{u1} \leq 0.5 \times \varphi \times V_c$$

$$94858 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \text{ N}$$

$$94858 \text{ N} \leq 53833.77 \text{ N} \approx \textbf{(TidakMemenuhi)}$$

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \varphi \times V_c \leq V_{u1} \leq \varphi \times V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \leq 94858 \text{ N} \leq 0.75 \times 143556.71 \text{ N}$$

$$53833.76738 \text{ N} \leq 94858 \text{ N} \leq 107667.5348 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 2

- Kontrol jarak spasi tulangan geser

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

$$S_{\text{maks}} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{441}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 110.125 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang menggunakan tulangan geser minimum, Maka luas penampang sengkang yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{perlu}}} &= A_{V_{\text{min}}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{350 \times 100}{3 \times 240} \end{aligned}$$

$$= 48.611 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran $\text{Ø}10$ dengan 2 kaki

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$\begin{aligned} A_{V_{\text{pakai}}} &> A_{V_{\text{perlu}}} \\ 157 \text{ mm}^2 &> 48.611 \text{ mm}^2 \approx \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 1 dan 3 adalah $\text{Ø}10 - 100 \text{ mm}$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan dengan panjang maksimal tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali meter diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

- a. $S_{\text{pakai}} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 441/4$
 $100 < 110,25 \text{ mm}$

(Memenuhi)

- b. Spakai < 8Dlentur
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- c. Spakai < 24Dgeser
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- d. Spakai < 300 mm
 $100 < 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)

- Wilayah 2

Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{Vu_2}{0.5 \times Ln - 2h} = \frac{Vu_1}{0.5 \times Ln}$$

$$Vu_2 = \frac{Vu_1 \times (0.5 \times Ln - 2h)}{0.5 \times Ln}$$

$$= \frac{94858 \times (0.5 \times 7200 - 2 \times 500)}{0.5 \times 7200}$$

$$= 68508.73 \text{ N}$$

- Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$Vu_1 \leq 0.5 \times \varphi \times Vc$$

$$94858 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \text{ N}$$

$$94858 \text{ N} \leq 53833.77 \text{ N} \rightarrow \text{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \varphi \times Vc \leq Vu_1 \leq \varphi \times Vc$$

$$0.5 \times 0.75 \times 143556.71 \leq 94858 \text{ N} \leq 0.75 \times 143556.71 \text{ N}$$

$$53833.76738 \text{ N} \leq 94858 \text{ N} \leq 107667.5348 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 2

- Kontrol jarak spasi tulangan geser

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

$$s_{maks} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{441}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 110.125 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang menggunakan tulangan geser minimum, Maka luas penampang sengkang yang diperlukan

$$\begin{aligned} A_{v\text{perlu}} &= A_{v\text{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{350 \times 100}{3 \times 240} \\ &= 48.611 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran $\emptyset 10$ dengan 2 kaki

- Maka luas penampang geser :

$$\begin{aligned} A_{v\text{pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$\begin{aligned} A_{v\text{pakai}} &> A_{v\text{perlu}} \\ 157 \text{ mm}^2 &> 48.611 \text{ mm}^2 \approx \text{OK} \end{aligned}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 2 adalah $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan

dengan panjang maksimal tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

- a. Spakai $< d/4$
 $100 \text{ mm} < 441/4$
 $100 \text{ mm} < 110,25 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- b. Spakai $< 8D_{\text{lentur}}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 19$
 $100 \text{ mm} < 152 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- c. Spakai $< 24D_{\text{geser}}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ (Memenuhi)
- d. Spakai $< 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ (Memenuhi)

I. Perhitungan Panjang Penyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan panjang penyaluran tulangan berdasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 12.2.

1. Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times db$$

Persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk sederhana dengan menganggap $(cb + K_{tr})db = 1,5$, yang diperbolehkan dalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2. Untuk tulangan D22 menggunakan persamaan :

$$l_d = \frac{f_y}{1.1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \left[\frac{\Psi_e \times \Psi_t \times \Psi_s}{\frac{cb + K_{tr}}{db}} \right] \times db$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

λ = faktor beton ringan, $\lambda = 1$ untuk beton norm

db = diameter tulangan

Maka :

$$l_d = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 19$$

$$= 816.21 \text{ mm} \rightarrow 1000 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai l_d tidak boleh daripada 300 mm

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan l_{dc} dan factor kelebihan tulangan :

$$l_{dc} = \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_d$$

$$= \frac{831.8}{1133.5} \times 1000$$

$$= 733.8467 \rightarrow 850 \text{ mm}$$

2. Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan
 Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2 diatur mengenai panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan, yang diambil dari nilai terbesar antara persamaan berikut :

$$\begin{aligned} l_{dc1} &= \frac{0.24 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \times d_b \\ &= \frac{0.24 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \times 19 \\ &= 333.02 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{dc2} &= 0.043 \times f_y \times d_b \\ &= 0.043 \times 400 \times 19 \\ &= 326.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar dari persamaan

$$l_{dc2} = 333.02 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai l_d tidak boleh lebih kecil daripada 200 mm

$$l_d > 200 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan sebesar 400 mm

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan l_{dc} dan factor kelebihan tulangan

$$\begin{aligned} l_{dc \text{ reduksi}} &= \frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ pasang}} \times l_{dc} \\ &= \frac{831.8}{1133.5} \times 400 \\ &= 293.54 \rightarrow 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

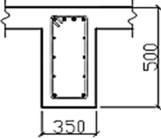
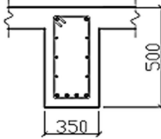
3. Angkur

Untuk perhitungan angkur berdasarkan SNI 284 - 2013 Pasal 12.5.2 dimana :

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &= \frac{0.24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{30}} \times 19 \\
 &= \frac{0.24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \times 19 \\
 &= 333.02 \text{ mm} \rightarrow 390 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Syarat : nilai l_{dh} tidak boleh kurang dari 8 db dan 150 mm

$$\begin{aligned}
 l_{dh} &\geq 8db \\
 333.02 \text{ mm} &\geq 8 \times 19 \\
 333.02 \text{ mm} &\geq 152 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK} \\
 l_{dh} &\geq 150 \text{ mm} \\
 333.02 \text{ mm} &\geq 150 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

TYPE	B2 As B' Joint 2-3	
	Tumpuan	Lapangan
Gambar Potongan		
B x H	350 x 500	350 x 500
TULANGAN ATAS	4 D19	2 D19
TULANGAN TORSI	6 D13	6 D13
TULANGAN BAWAH	2 D19	4 D19
TULANGAN GESER	10-100	10-150

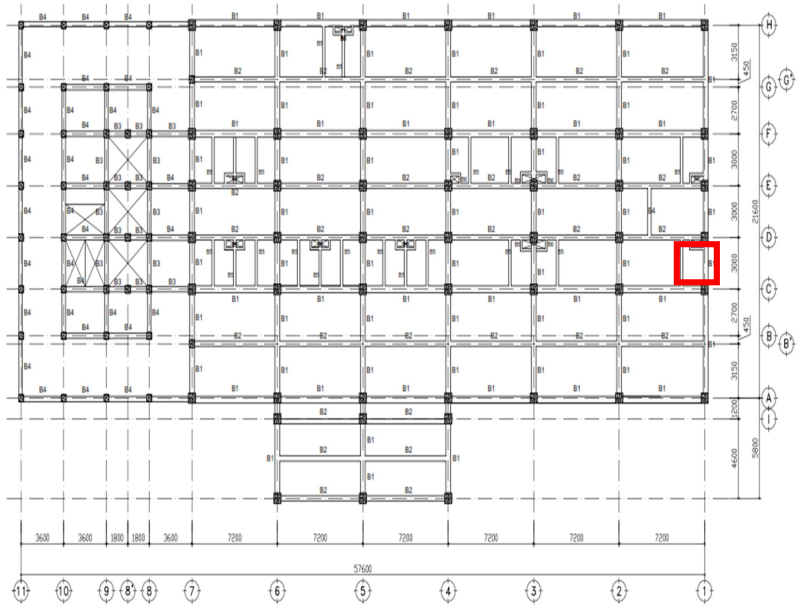
Gambar 4. 36 Penampang Balok Anak Tipe B2 Joint 2-3

4.5.2. Perencanaan Kolom

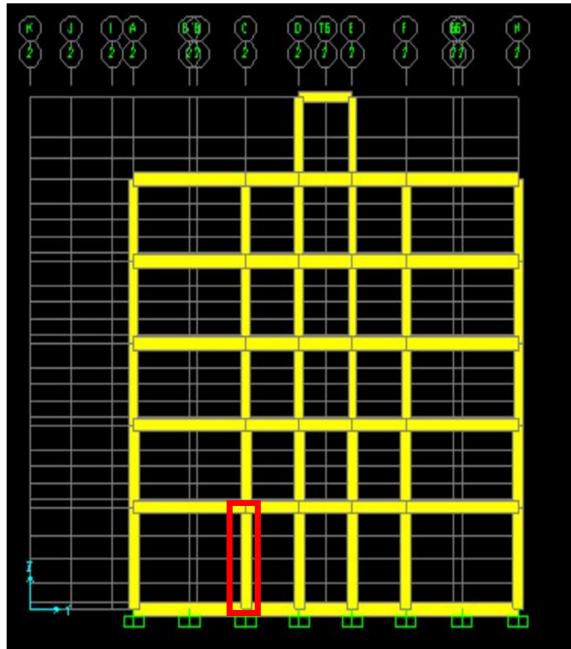
Perencanaan tulangan lentur kolom ditinjau berdasarkan aksial terbesar dan momen terbesar. Untuk kolom K1 (60 x 60)cm pada as B lantai 1.

Berikut data perencanaan kolom berdasarkan gambar denah perencanaan kolom, hasil output diagram gaya dalam dan analisa SAP 2000. Ketentuan Perhitungan menggunakan syarat-syarat penulangan metode SRPMM.

A. Gambar Rencana



Gambar 4. 37 Denah Perencanaan Kolom K1



Gambar 4. 38 Lokasi Kolom yang Ditinjau

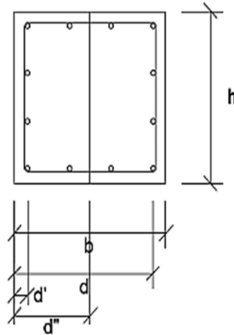
B. Data Perencanaan

- Tipe Kolom= K1
- Tinggi Kolom = 5000 mm
- B Kolom = 600 mm
- H Kolom = 600 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Modulus elastisitas beton (E_c) = 25743
- Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) = 22 mm
- Diameter Tulangan geser (\emptyset) = 10 mm
- Spasi jarak antar tulangan sejajar = 30 mm
- Tebal selimut = 40 mm

- Faktor β_1 = 0,85
- Faktor reduksi kekuatan lentur = 0,9
- Faktor reduksi kekuatan geser = 0,75
- Faktor reduksi kekuatan torsi = 0,75

C. Perhitungan Tulangan Kolom

- Lebar Efektif Kolom



Gambar 4. 39 Sketsa Penampang Kolom

$$\begin{aligned}
 d &= b - \text{Tebal selimut} - \text{\O sengkang} - 1/2 D \text{ tulangan} \\
 &\text{lentur} \\
 &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 1/2 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 539 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{Tebal selimut} + \text{\O sengkang} + 1/2 D \text{ tulangan} \\
 &\text{lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 1/2 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d'' &= b - \text{Tebal selimut} - \text{\O sengkang} - 1/2 D \text{ tulangan} \\
 &\text{lentur} - 1/2 b \\
 &= 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 1/2 \times 22 \text{ mm} - \\
 &1/2 \times 600 \text{ mm} \\
 &= 239 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_g &= b \times h \\
 &= 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$= 360000 \text{ mm}^2$$

- Gaya Aksial Kolom

$$\text{Kombinasi} = 1,2D + 1,6L + 0,5LR$$

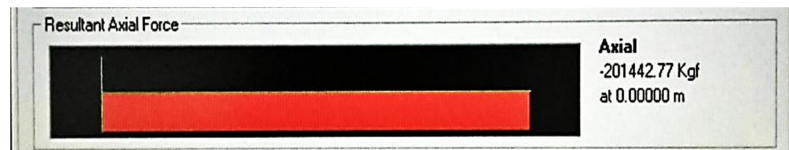
$$\text{Nilai} = 218563,02 \text{ Kgm} = 2143371,05 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 40 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial Kombinasi Kolom (K1)

$$\text{Kombinasi} = 1,4D$$

$$\text{Nilai} = 201442,77 \text{ Kgm} = 1975478,81 \text{ Nmm}$$



Gambar 4. 41 Hasil Output SAP 2000 Gaya Aksial Kolom (K1)

- Momen Akibat Pengaruh Beban Gravitasi

- Momen Arah Y

$$\text{Kombinasi} = 1.2D + 1.6L + 0.5LR$$

$$\text{Nilai } M_{\text{Ins}} = 15393,91 \text{ Kgm}$$



Gambar 4. 42 Output SAP 2000 MIns Kombinasi 1.2 D+1.6L+0.5LR

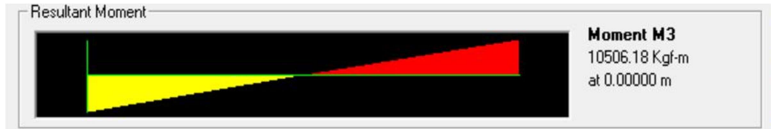
$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5LR \\ \text{Nilai } M_{2ns} &= 17423,10 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 43 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2
D+1.6L+0.5LR

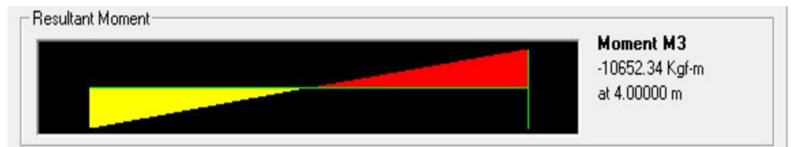
➤ Momen Arah X

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5LR \\ \text{Nilai } M_{1ns} &= 10506,18 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 44 Output SAP 2000 M1ns Kombinasi 1.2
D+1.6L+0.5LR

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,6L + 0,5LR \\ \text{Nilai } M_{2ns} &= 10652,34 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 45 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2 D + 1.6L +
0.5 LR

Keterangan

M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

M_{2ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen

struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

- Momen Akibat Pengaruh Gaya Gempa
 - Momen Arah Y
 - Kombinasi = $1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey$
 - Nilai M_{1ns} = 13872,41 Kgm



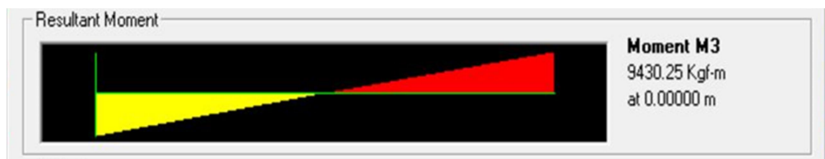
Gambar 4. 46 Output SAP 2000 M_{1ns} Kombinasi 1.2
 $D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey$

- Kombinasi = $1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey$
- Nilai M_{2ns} = 15859,94 Kgm



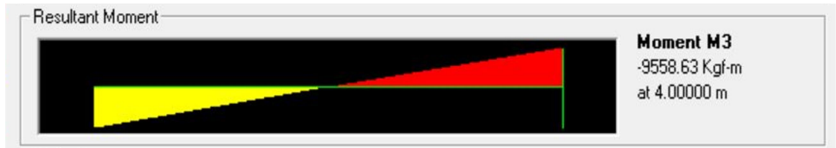
Gambar 4. 47 Output SAP 2000 M_{2ns} Kombinasi 1.2
 $D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey$

- Momen Arah X
 - Kombinasi = $1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey$
 - Nilai M_{1ns} = 9430,25 Kgm



Gambar 4. 48 Output SAP 2000 M_{1ns} Kombinasi 1.2
 $D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey \\ \text{Nilai } M_{2ns} &= 9558,63 \text{ Kgm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 49 Output SAP 2000 M2ns Kombinasi 1.2
D+1.0L+0.5Ex+0.3Ey

Keterangan

M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

M_{2ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping.

- Syarat Gaya Aksial pada Kolom
Detail penulangan kolom SRPMM harus memenuhi ketentuan SNI 03-2847-2013 Pasal 21.3.5.2. gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada komponen struktur kolom tidak boleh melebihi dari persamaan $ag.fc/10$.

$$\begin{aligned} \frac{Ag \times fc'}{10} &< P_u \\ \frac{360000 \times 30}{10} &< 2185630,2 \text{ N} \\ 1080000 &< 2185630,2 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

D. Perhitungan Tulangan Lentur

Menghitung Kontrol Kelangsingan Kolom

$$\beta d = \frac{P_u (1,4D)}{P_u (1,2D+1,6L+0,5RL)}$$

$$= \frac{2014427,7}{2185630,2}$$

$$= 0,922 \text{ N}$$

❖ Panjang Tekuk Kolom (Pasal 10.10.4)

EI kolom (60x60)

$$E_c = 25743 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$I_g = 0,7 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= 0,7 \times \frac{1}{12} \times 600 \times 600^3$$

$$= 7560000000 \text{ mm}^4$$

$$EI_k = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d} = \frac{0,4 \times 25743 \times 7560000000}{1 + 0,922}$$

$$= 40509947246130,7 \text{ Nmm}^2$$

EI Balok (45x65) as 2 A-C

$$I_g = 0,35 \times \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$= 0,35 \times \frac{1}{12} \times 450 \times 650^3$$

$$= 3604453125 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \times E_c \times I_g}{1 + \beta_d}$$

$$= \frac{0,4 \times 25743 \times 3604453125}{1 + 0,922}$$

$$= 19.314.312.955.674,8 \text{ Nmm}^2$$

- Kelakuan Kolom Atas

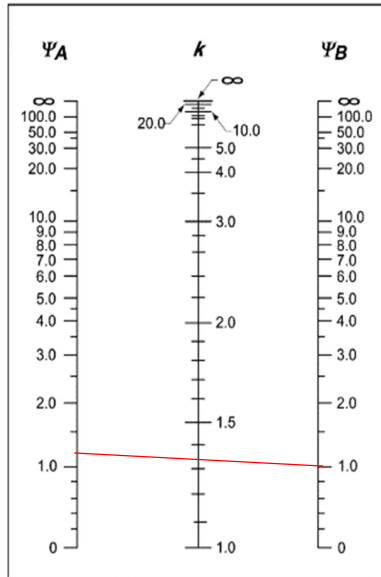
$$\Psi_a = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{Kolom}}}{\sum \left(\frac{EI}{L} \right)_{\text{Balok}}}$$

$$= \frac{\left(\frac{40.509.947.246.131}{5000} \right) + \left(\frac{40.509.947.246.131}{5000} \right)}{\left(\frac{19.314.312.955.675}{7200} \right) + \left(\frac{19.314.312.955.675}{7200} \right) + \left(\frac{19.314.312.955.675}{6300} \right) + \left(\frac{19.314.312.955.675}{3000} \right)}$$

- Kekakuan Kolom Bawah

$$\Psi_a = \frac{\sum(\frac{EI}{L})_{\text{Kolom}}}{\sum(\frac{EI}{L})_{\text{Balok}}}$$

= 1 (Karena ditumpu oleh pondasi dan dianggap jepit)



Gambar 4. 50 Rangka Bergoyang

Dari nomogram diatas didapatkann nilai $K = 1,35$
Menghitung jari-jari inersia (r)

$$\begin{aligned} r &= 0,3 h \\ &= 0,3 \times 600 \\ &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol Kelangsingan

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{k \times Lu}{r} && \leq && 22 \\ & && && \text{(SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10)} \\ &= \frac{1,350 \times 5000}{180} && \leq && 22 \\ &= 37,50 && \geq && 22 \\ & && && \text{(Maka termasuk kolom langsing)}\end{aligned}$$

❖ Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah X

Bedasarkan output analisis menggunakan program SAP200, diperoleh hasil gaya dalam arah X akibat kombinasi beban gempa dan beban gravitasi sebagai berikut :

Akibat Kombinasi Beban Gempa (1,2D + 1,0L + 1,0Ex + 0,3Ey)

$$M_{1ns} = 9430,25 \text{ kgm} = 92479140 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 9558,63 \text{ kgm} = 93738166 \text{ Nmm}$$

Akibat Kombinasi Gravitasi (1,2D + 1,6L + 0,5LR)

$$M_{1ns} = 10506,18 \text{ kgm} = 10303043 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 10652,34 \text{ kgm} = 10446372 \text{ Nmm}$$

• Factor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\begin{aligned}P_c &= \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2} \\ &= \frac{\pi^2 \times 40.509.947.246.130,700}{(1,35 \times 5000)^2} \\ &= 8766241,45 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum P_c &= n \times P_c \\ &= 74 \times 8766241,45 \text{ N} \\ &= 648.701.866,98 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum P_u &= n \times P_u \text{ (akibat kombinasi beban 1,4D)} \\ &= 74 \times 1975478,81 \text{ N} \\ &= 146.185.431,9 \text{ N}\end{aligned}$$

Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$, Untuk kolom yang memikul beban transversal di antara kedua tumpuannya

$$= \frac{1}{1 - \left(\frac{146185431,9 \text{ N}}{0,75 \times 648701866,98} \right)} \geq 1$$

$$= 1,43 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,43$ dalam perhitungan perbesaran momen.

- Pembesaran Momen X

$$\begin{aligned} M_1 &= M_{1ns} \text{ Beban Gravitasi} + \delta_s M_{1ns} \text{ Beban Gempa} \\ &= 10303043,0 \text{ Nmm} + 1,43 \times 92479140 \text{ Nmm} \\ &= 142.504.415,37 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_2 &= M_{2ns} \text{ Beban Gravitasi} + \delta_s M_{2ns} \text{ Beban Gempa} \\ &= 10446372,0 \text{ Nmm} + 1,43 \times 93738166 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_2 = 144.447.555,3 \text{ Nmm}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu 144.447.555,3 Nmm

- Penentuan ρ perlu dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Koefisien yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned} \mu h &= h \text{ kolom} - 2 \text{ decking} - 2\emptyset \text{ geser} - D \text{ lentur} \\ &= 600 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\ &= 478 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\mu h}{h \text{ kolom}} \\ &= \frac{478 \text{ mm}}{600 \text{ mm}} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

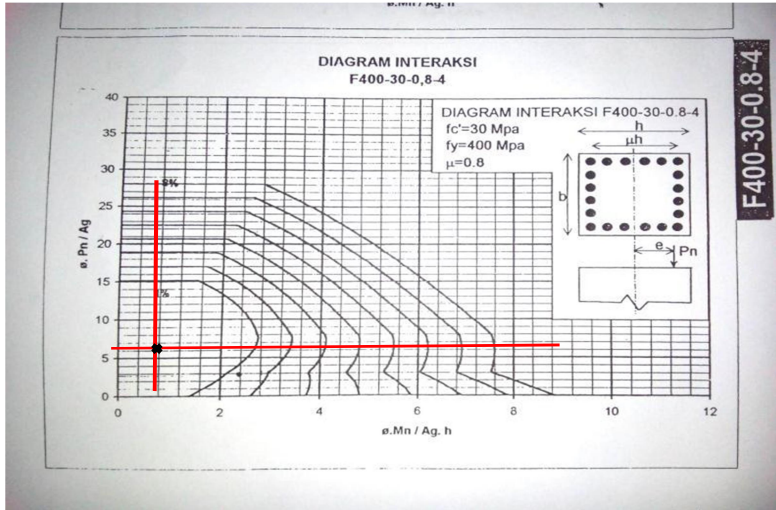
Sumbu Vertikal Diagram :

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{bh} \\ &= \frac{1975478,81}{600 \times 600} \end{aligned}$$

$$= 5,5$$

Sumbu Horizontal Diagram :

$$\begin{aligned} \frac{\varphi Mn}{Agh} &= \frac{Mu}{bh^2} \\ &= \frac{144447555,3}{600 \times 600^2} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$



Gambar 4. 51 Diagram Interaksi

Maka didapatkan ρ perlu sebesar 1%

- Penentuan tulangan lentur kolom

$$\begin{aligned} A_s \text{ Perlu} &= \rho \text{ perlu} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 600 \times 600 \\ &= 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas D22} &= 0,25\pi \times D^2 \\ &= 0,25\pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas D22}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3600}{379,94} \\
 &= 9,48 = 12 \\
 \text{As Pasang} &= \text{As}' \\
 &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\
 &= 12 \times 0,25\pi \times 22^2 \\
 &= 4559,28 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

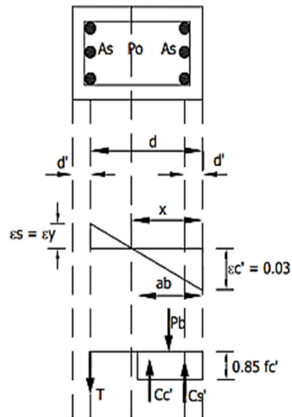
Cek Syarat

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &< \text{As Pasang} \\
 3600 \text{ mm}^2 &< 4559,28 \text{ mm}^2 \\
 \text{maka digunakan tulangan } &12 \text{ D } 22
 \end{aligned}$$

- Mencari nilai e min dan e perlu

$$\begin{aligned}
 P_n &= \frac{P_u}{0,65} \\
 &= \frac{1975478,81}{0,65} \text{ Nmm} \\
 &= 3039198,17 \text{ Nmm} \\
 &= 3039,198169 \text{ kN-m} \\
 M_n &= \frac{M_u}{0,65} \\
 &= \frac{144.447.555,3}{0,65} \text{ Nmm} \\
 &= 222227008,12 \text{ Nmm} \\
 &= 222,23 \text{ kNm} \\
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_n}{P_n} \\
 &= \frac{144.447.555,3}{3039198,17} \text{ Nmm} \\
 &= 73,12 \text{ mm} \\
 e_{\text{min}} &= 15 + 0,03 h \\
 &= 15 + 0,03 \times 600 \\
 &= 33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek Kondisi Balance



Gambar 4. 52 Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 cb &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \times 539 \text{ mm} \\
 &= 323,4 \text{ mm} \\
 a_b &= \beta_1 \times cb \\
 &= 0,85 \times 323,4 \text{ mm} \\
 &= 274,89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{s'} &= A_s \text{ pasang} \times (f_y - 0.85 f_c') \\
 &= 4559,28 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1707450,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_{c'} &= 0,85 \times f_c' \times b \times a_b \\
 &= 0,85 \times 30 \times 600 \times 274,89 \\
 &= 4205817,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \text{ pasang} \times f_y \\
 &= 4559,28 \times 400 \\
 &= 1823712,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow$$

$$\begin{aligned}
 P_b &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 4205817,0 \text{ N} + 1707450,4 \text{ N} - 1823712,0 \text{ N} \\
 &= 4089555,4 \text{ N} \\
 &= 4089,55536 \text{ kN} \\
 M_b &= Cc'(d - d'' - 1/2ab) + Cs(d - d'' - d') + (T \times d'') \\
 &= 4205817,0 (539 - 239 - 137,4) + 1707450,4 \\
 &\quad (539 - 239 - 61) + (1823712,0 \times 239) \\
 &= 1527624386,475 \text{ Nmm} = 1527,62 \text{ kN-m} \\
 e_{\text{balance}} &= \frac{M_b}{P_b} \\
 &= \frac{1527624386,475 \text{ Nmm}}{4089555,4 \text{ N}} \\
 &= 373,54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}} \rightarrow (\text{tekan menentukan})$$

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}} \rightarrow (\text{tarik menentukan})$$

Maka :

$$33 \text{ mm} < 73,1 \text{ mm} < 373,54 \text{ mm}$$

→(tarik menentukan)

- Kontrol Kondisi Tekan Menentukan

Syarat :

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$$

$$73,1 \text{ mm} < 373,54 \text{ mm}$$

$$P > P_{\text{balance}}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai X (Desain Beton bertulang Chu-kia Wang
Charles G.Salmon hal 423)

$$a = 0,54 \times d$$

$$0,85 X = 0,54 \times 539 \text{ mm}$$

$$X = 342,4235294 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1\right) 0,003$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{539 \text{ mm}}{342,4 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003 \\
 &= 0,001722222 \\
 fs &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\
 &= \left(\frac{539 \text{ mm}}{342,4 \text{ mm}} - 1 \right) 600 \\
 &= 344,4444444 \\
 \epsilon_y &= \frac{fy}{Es} \\
 &= \frac{400}{200000} \\
 &= 0,0020
 \end{aligned}$$

Cek Kontrol

$$\begin{array}{rcl}
 \epsilon_s & < & \epsilon_y \\
 0,001722222 & < & 0,0020 \rightarrow \mathbf{OK} \\
 fs & < & fy \\
 344,4444444 & < & 400 \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 Cs' &= A_s \text{ pasang} \times (fy - 0,85 fc') \\
 &= 4559,28 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1707450,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times \beta_1 \times X \\
 &= 0,85 \times 30 \times 600 \times 0,85 \times 342,4235294 \\
 &= 4453218,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \text{ pasang} \times fy \\
 &= 4559,28 \times 400 \\
 &= 1823712,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\sum V = 0 \rightarrow$$

$$\begin{aligned}
 P &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 4453218,0 \text{ N} + 1707450,4 \text{ N} - 1823712,0 \text{ N} \\
 &= 4336956,4 \text{ N} \\
 &= 4336,95636 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

✓ Kontrol

$$P > P_{\text{balance}}$$

$$4336,95636 \text{ kN} > 4089,55536 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

$$M_b = C_c'(d - d'' - 1/2ab) + C_s (d - d'' - d') + (T \times d'')$$

$$= 4453218,0 (539 - 239 - 137,4) + 1707450,4$$

$$(539 - 239 - 61) + (1823712,0 \times 239)$$

$$= 1567840656,030 \text{ Nmm}$$

$$= 1567,84 \text{ kN-m}$$

$$M_n \text{ Pasang} > M_n \text{ Perlu}$$

$$1567,8 \text{ kNm} > 222,23 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka digunakan penulangan lentur 12 D 22 sesuai momen kolom arah X

❖ Peninjauan Kolom Akibat Momen Arah Y (M22)

Bedasarkan output analisis menggunakan program SAP200, diperoleh hasil gaya dalam arah Y akibat kombinasi beban gempa dan beban gravitasi sebagai berikut :

Akibat Kombinasi Beban Gempa (1,2D+ 1,0L + 1,0Ey + 0,3Ex)

$$M_{1ns} = 13872,41 \text{ kgm} = 136041875 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 15859,94 \text{ kgm} = 155532851 \text{ Nmm}$$

Akibat Kombinasi Gravitasi (1,2D + 1,6L + 0,5LR)

$$M_{1ns} = 15393,91 \text{ kgm} = 150962731,0 \text{ Nmm}$$

$$M_{2ns} = 17423,10 \text{ kgm} = 170862282,1 \text{ Nmm}$$

• Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times Lu)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 \times 40.509.947.246.130,700}{(1,35 \times 5000)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8766241,45 \text{ N} \\
 \sum P_c &= n \times P_c \\
 &= 74 \times 8766241,45 \text{ N} \\
 &= 648.701.866,98 \text{ N} \\
 \sum P_u &= n \times P_u \\
 &= 74 \times 2143371,05 \text{ N} \\
 &= 158.609.457,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Faktor Pembesaran Momen (δ_s)

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c} \right)} \geq 1$$

$C_m = 1$, Untuk kolom yang memikul beban transversal di antara kedua tumpuannya

$$= \frac{1}{1 - \left(\frac{158609457,7 \text{ N}}{0,75 \times 648701866,98 \text{ N}} \right)} \geq 1$$

$$= 1,48 \geq 1$$

Maka dipakai $\delta_s = 1,48$ dalam perhitungan perbesaran

- Perbesaran Momen Y

$$\begin{aligned}
 M_1 &= M_{1ns} \text{ Beban Gravitasi} + \delta_s M_{1ns} \text{ Beban Gempa} \\
 &= 150962731,0 \text{ Nmm} + 1,48 \times 136041875 \text{ Nmm} \\
 &= 352.806.414,99 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= M_{2ns} \text{ Beban Gravitasi} + \delta_s M_{2ns} \text{ Beban Gempa} \\
 &= 170862282,1 \text{ Nmm} + 1,48 \times 155532851 \text{ Nmm} \\
 &= 401.624.491,5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Diambil momen yang terbesar yaitu 401.624.491,5 Nmm

- Penentuan ρ perlu dari diagram interaksi

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, digunakan Diagram Interaksi. Koefisien yang dibutuhkan dalam penggunaan Diagram Interaksi adalah :

$$\begin{aligned}
 \mu h &= h \text{ kolom} - 2 \text{ decking} - 2 \emptyset \text{ geser} - D \text{ lentur} \\
 &= 600 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 10 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\
 &= 478 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

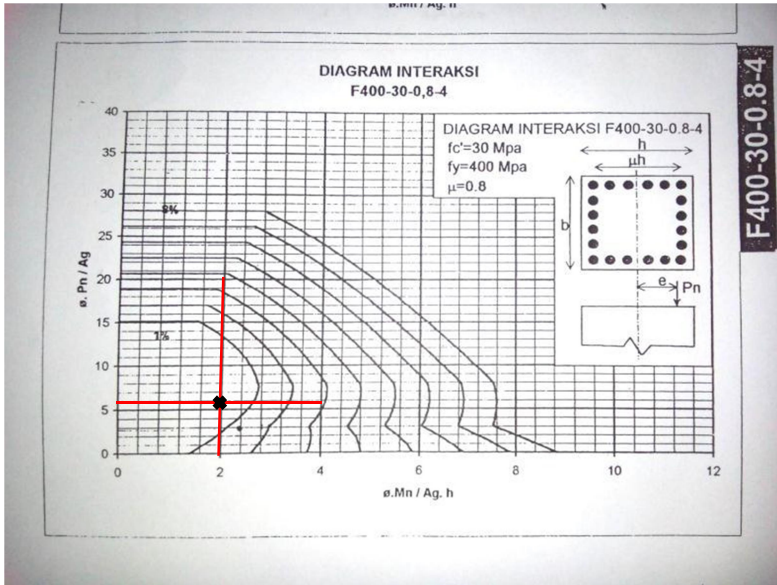
$$\begin{aligned} \mu &= \frac{\mu h}{h_{kolom}} \\ &= \frac{600 \text{ mm}}{478 \text{ mm}} \\ &= 0,80 \end{aligned}$$

Sumbu Vertikal Diagram :

$$\begin{aligned} \frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{bh} \\ &= \frac{2143371,05}{600 \times 600} \\ &= 5,95 \end{aligned}$$

Sumbu Horizontal Diagram :

$$\begin{aligned} \frac{\phi M_n}{A_g h} &= \frac{M_u}{bh^2} \\ &= \frac{401.624.491,5}{600 \times 600^2} \\ &= 1,9 \end{aligned}$$



Gambar 4. 53 Diagram Interaksi

- Penentuan Tulangan Lentur Kolom

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \text{ perlu} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 600 \times 600 \\ &= 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas D22} &= 0,25 \pi D^2 \\ &= 0,25 \pi \times 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan lentur pasang :

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas D22}} \\ &= \frac{3600}{379,94} \\ &= 9,48 \\ &= 12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As Pasang} &= \text{As}' \\ &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 12 \times 0,25 \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Presentase Tulangan Terpasang

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{As Pasang}}{b \times h} \times 100\% < 8\% \\ &= \frac{4559,28}{600 \times 600} \times 100\% < 8\% \\ &= 1,266466667\% < 8\% \end{aligned}$$

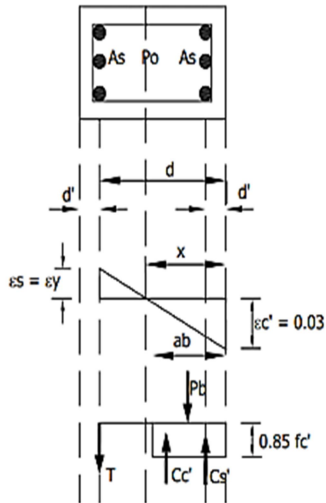
Mencari Nilai e min dan e perlu

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{P_u}{0,65} \\ &= \frac{2143371,05 \text{ Nmm}}{0,65} \\ &= 3297493,92 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,65} \\ &= \frac{401.624.491,5 \text{ Nmm}}{0,65} \\ &= 617883833,10 \text{ Nmm} \\ &= 617,88 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{perlu}} &= \frac{M_n}{P_n} \\
 &= \frac{617883833,10}{3297493,92} \\
 &= 187,38 \text{ mm} \\
 e_{\text{min}} &= 15 + 0,03 h \\
 e_{\text{min}} &= 15 + 0,03 \times 600 \\
 &= 33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Cek Kondisi Balance



Gambar 4. 54 Cek Kondisi Balance

$$\begin{aligned}
 c_b &= \frac{600}{600 + f_y} \times d \\
 &= \frac{600}{600 + 400} \times 539 \text{ mm} \\
 &= 323,4 \text{ mm} \\
 a_b &= \beta_1 \times c_b \\
 &= 0,85 \times 323,4 \text{ mm} \\
 &= 274,89 \text{ mm} \\
 C_s' &= A_s \text{ pasang} \times (f_y - 0,85 f_c')
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4559,28 \times (400 - 0,85 \times 30) \\
 &= 1707450,4 \text{ N} \\
 Cc' &= 0,85 \times fc' \times b \times ab \\
 &= 0,85 \times 30 \times 600 \times 274,89 \\
 &= 4205817,0 \text{ N} \\
 T &= As \text{ pasang} \times fy \\
 &= 4559,28 \times 400 \\
 &= 1823712,0 \text{ N} \\
 \sum V &= 0 \rightarrow \\
 Pb &= Cc' + Cs' - T \\
 &= 4205817,0 \text{ N} + 1707450,4 \text{ N} - 1823712,0 \text{ N} \\
 &= 4089555,4 \text{ N} \\
 &= 4089,55536 \text{ kN} \\
 Mb &= Cc'(d - d'' - 1/2ab) + Cs (d - d'' - d') + (T \times d'') \\
 &= 4205817,0 (539 - 239 - 137,4) + 1707450,4 \\
 &\quad (539 - 239 - 61) + (1823712,0 \times 239) \\
 &= 1527624386,475 \text{ Nmm} \\
 &= 1527,62 \text{ kN-m} \\
 e_{\text{balance}} &= \frac{Mb}{Pb} \\
 &= \frac{1527624386,475 \text{ Nmm}}{4089555,4 \text{ N}} \\
 &= 373,54 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kondisi :

$$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}} \text{ (tekan menentukan)}$$

$$e_{\text{min}} > e_{\text{perlu}} > e_{\text{balance}} \text{ (tarik menentukan)}$$

maka

$$33 \text{ mm} < 187,4 \text{ mm} < 90373,54 \text{ mm}$$

(tekan menentukan)

Kontrol Kondisi Tekan

Syarat :

$$e_{\text{perlu}} < e_{\text{balance}}$$

$$187,4 \text{ mm} < 373,54 \text{ mm}$$

$$P > P_{\text{balance}}$$

$$\epsilon_s < \epsilon_y \rightarrow f_s < f_y$$

Mencari nilai X (Desain Beton bertulang Chu-kia
Wang Charles G.Salmon hal 423)

$$\begin{aligned} a &= 0,54 \times d \\ 0,85 X &= 0,54 \times 539 \text{ mm} \\ X &= 342,4235294 \text{ mm} \\ \epsilon_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 0,003 \\ &= \left(\frac{539 \text{ mm}}{342,4 \text{ mm}} - 1 \right) 0,003 \\ &= 0,001722222 \\ f_s &= \left(\frac{d}{x} - 1 \right) 600 \\ &= \left(\frac{539 \text{ mm}}{342,4 \text{ mm}} - 1 \right) 600 \\ &= 344,4444444 \\ \epsilon_y &= \frac{f_y}{E_s} \\ &= \frac{400}{200000} \\ &= 0,0020 \end{aligned}$$

Cek Kontrol

$$\begin{aligned} \epsilon_s &< \epsilon_y \\ 0,001722222 &< 0,0020 \rightarrow \mathbf{OK} \\ f_s &< f_y \\ 344,4444444 &< 400 \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \text{ pasang} \times (f_y - 0,85 f_c') \\ &= 4559,28 \times (400 - 0,85 \times 30) \\ &= 1707450,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X \\ &= 0,85 \times 30 \times 600 \times 0,85 \times 342,4235294 \\ &= 4453218,0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= A_s \text{ pasang} \times f_y \\ &= 4559,28 \times 400 \\ &= 1823712,0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \rightarrow \\ P &= C_c' + C_s' - T \end{aligned}$$

$$= 4453218,0 \text{ N} + 1707450,4 \text{ N} - 1823712,0 \text{ N}$$

$$= 4336956,4 \text{ N} = 4336,95636 \text{ kN}$$

$$P > P_{\text{balance}}$$

$$4336,95636 \text{ kN} > 4089,55536 \text{ kN OK}$$

$$M_b = Cc'(d - d'' - 1/2ab) + C_s (d - d'' - d') + (T \times d'')$$

$$= 4453218,0 (539 - 239 - 137,4) + 1707450,4(539 - 239 - 61) + (1823712,0 \times 239)$$

$$= 1567840656,030 \text{ Nmm} = 1567,84 \text{ kN-m}$$

$$M_n \text{ Pasang} > M_n \text{ Perlu}$$

$$1567,8 \text{ kNm} > 617,88 \text{ kNm} \rightarrow \text{OK}$$

Maka digunakan penulangan lentur 12 D 22 sesuai momen kolom arah Y

❖ Kontrol jarak spasi tulangan satu sisi

Syarat :

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{Susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} \rightarrow \text{Perbesar penampang kolom}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - 2t.\text{decking} - 2.\emptyset\text{geser} - n.D\text{lentur}}{n - 1}$$

$$= \frac{600 - 80 - 20 - 264}{12 - 1}$$

$$= 20$$

E. Cek dengan PcaColoumn

B Kolom	= 600 mm
H Kolom	= 600 mm
Kuat tekan beton (f_c')	= 30 Mpa
Modulus elastisitas beton (E_c)	= 25743
Modulus elastisitas baja (E_s)	= 200000 Mpa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	= 400 Mpa
Kuat leleh tulangan geser (f_{yv})	= 240 Mpa
Diameter tulangan lentur (D)	= 22 mm
Diameter Tulangan geser (\emptyset)	= 10 mm
Spasi jarak antar tulangan sejajar	= 30 mm

Tebal selimut = 40 mm
 Faktor β_1 = 0,85
 Mux (M_{33}) = 144.447.555,3
 Muy (M_{22}) = 401.624.491,5

```

Material Properties:
=====
f'c = 30 MPa          fy = 400 MPa
Ec = 25743 MPa       Es = 200000 MPa
Ultimate strain = 0.003 mm/mm
Beta1 = 0.83245

Section:
=====
Rectangular: Width = 600 mm      Depth = 600 mm

Gross section area, Ag = 360000 mm^2
Ix = 1.08e+010 mm^4             Iy = 1.08e+010 mm^4
Xo = 0 mm                       Yo = 0 mm

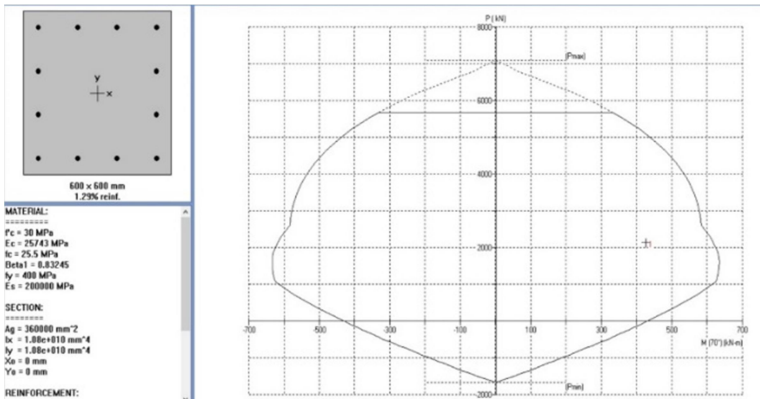
Reinforcement:
=====
Rebar Database: ASTM A615M
Size Diam (mm) Area (mm^2)      Size Diam (mm) Area (mm^2)
-----
# 10      10      71 # 13      13      129 # 16      16      199
# 19      19      284 # 22      22      387 # 25      25      510
# 29      29      645 # 32      32      819 # 36      36      1006
# 43      43      1452 # 57      57      2581

Confinement: Tied; #10 ties with #32 bars, #13 with larger bars.
phi(a) = 0.8, phi(b) = 0.9, phi(c) = 0.65

Layout: Rectangular
Pattern: All Sides Equal (Cover to transverse reinforcement)
Total steel area, As = 4644 mm^2 at 1.29%
12 #22 Cover = 40 mm

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)
=====
No.      Pu      Mux      Muy      fMnx      fMny
-----
1      2143.0  144.4    401.6    209.5     582.5    1.450
    
```

Gambar 4. 55 Hasil Output PCACOL



Gambar 4. 56 Hasil Output PCACOL

- ❖ Tulangan kolom pasang berdasarkan output dari PcaColoumn

$$Mux = 144,45 \text{ kN} < 209,5 \text{ kN}$$

$$Muy = 401,6 \text{ kN} < 582,6 \text{ kN}$$

Maka perencanaan dipasang tulangan kolom adalah 12 D 22

- ❖ Presentase tulangan terpasang

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times 0,25 \times \pi \times D^2 \\ &= 12 \times 0,25 \times \pi \times 22^2 \\ &= 4559,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$= \frac{\text{As Pasang}}{b \times h} \times 100\% < 8\%$$

$$= \frac{4559,28}{600 \times 600} \times 100\% < 8\%$$

$$= 1,266466667 \% < 8\%$$

F. Tulangan Geser Kolom

Data Perencanaan

Tipe Kolom = K1

Tinggi Kolom = 5000 mm

B Kolom = 600 mm

H Kolom = 600 mm

Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa

Modulus elastisitas beton (E_c) = 25743

Modulus elastisitas baja (E_s) = 200000 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa

Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 Mpa

Diameter tulangan lentur (D) = 22 mm

Diameter Tulangan geser (\emptyset) = 10 mm

Spasi jarak antar tulangan sejajar = 30 mm

Tebal selimut = 40 mm

Faktor β_1 = 0,85

Faktor reduksi kekuatan geser = 0,75

Hasil output dari SAP2000, maka diperoleh hasil gaya pada kolom as 2 Lantai 1 sebagai berikut :
 PU dengan kombinasi 1,2D + 1,6L + 0,5LR = 2143371,05 N

Control Points:
 =====

Bending about	Axial Load P kN	X-Moment kN-m	Y-Moment kN-m	N.A. depth mm
X @ Pure compression	7097.5	0	0	1618
@ Max compression	5678.0	333	0	602
@ fs = 0.0	5084.6	434	0	539
@ fs = 0.5*fy	3655.1	589	0	405
@ Balanced point	2684.9	640	0	324
@ Tension Control	1967.4	778	0	202
@ Pure bending	0.0	425	0	82
@ Pure tension	-1671.8	0	-0	0
Y @ Pure compression	7097.5	-0	0	1618
@ Max compression	5678.0	0	333	602
@ fs = 0.0	5084.6	0	434	539
@ fs = 0.5*fy	3655.1	0	589	405
@ Balanced point	2684.9	0	640	324
@ Tension Control	1967.4	0	778	202
@ Pure bending	0.0	0	425	82
@ Pure tension	-1671.8	0	-0	0

Gambar 4. 57 Hasil Output PCACOL

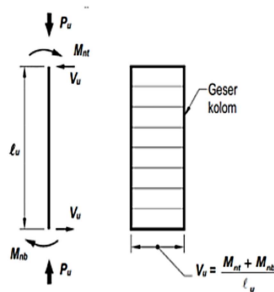
Sehingga diperoleh Mnt dan Mnb sebagai berikut :

Mut = 778000000 Nmm

Mub = 778000000 Nmm

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{L_u}$$

Dimana : Mnt = Momen nominal atas kolom
 Mnb = Momen nominal bawah kolom



Gambar 4. 58 Sketsa Mnt dan Mnb Kolom

$$\begin{aligned}
 Mnt &= \frac{Mut}{\varphi} \\
 &= \frac{778000000 \text{ Nmm}}{0,75} \\
 &= 1037333333 \text{ Nmm} \\
 Mnb &= \frac{Mub}{\varphi} \\
 &= \frac{778000000 \text{ Nmm}}{0,75} \\
 &= 1037333333 \text{ Nmm} \\
 Vu &= \frac{Mnt + Mnb}{Lu} \\
 &= \frac{1037333333 + 1037333333}{5000} \\
 &= 414933,3333 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat Kuat Tekan Beton f_c'

Nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 25/3

Mpa

$$\begin{aligned}
 \sqrt{f_c'} &\leq 25/3 \\
 5,477225575 &\leq 8,333333333 \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kekuatan geser pada beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c'} b d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2143371,05}{14 \times 360000} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 600 \times 539 \\
 &= 429187,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned}
 V_{smin} &= \frac{1}{3} b d \\
 &= \frac{1}{3} \times 600 \times 539 \\
 &= 107800 \text{ N} \\
 V_{smaks} &= \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b d \\
 &= \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 600 \times 539 \\
 &= 590444,917 \text{ N} \\
 2 V_{smaks} &= 2 \times V_{smaks} \\
 &= 2 \times 590444,917 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$= 1180889,834 \text{ N}$$

Cek Kondisi :

Kondisi 1 → tidak memerlukan tulangan geser

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c$$

$$414933,33 \text{ N} \leq \frac{1}{2} \times 0,75 \times 590444,92 \text{ N}$$

$$414933,33 \text{ N} \leq 221416,84 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Kondisi 2 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\frac{1}{2} \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$\frac{1}{2} \times 0,75 \times 590444,92 \text{ N} \leq 414933,33 \text{ N} \leq 0,75 \times 590444,92 \text{ N}$$

$$221416,84 \text{ N} \leq 414933,33 \text{ N} \leq 442833,69 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Kondisi 3 → memerlukan tulangan geser minimum

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (\phi V_c + V_{smin})$$

$$442833,69 \text{ N} \leq 414933,33 \text{ N} \leq 0,75(442833,69 \text{ N} + 107800 \text{ N})$$

$$442833,69 \text{ N} \leq 414933,33 \text{ N} \leq 412975,2658 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Selanjutnya perhitungan penulangan geser kolom, menggunakan persyaratan kondisi 2, yaitu memerlukan tulangan geser.

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10$ dengan 2 kaki dengan jarak 150 mm

Luas tulangan geser yang diperlukan :

$$A_v = \frac{1}{4} \pi \emptyset^2 n_{kaki}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2$$

$$= 157 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser minimum :

$$A_{v_{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_{yv}}$$

$$= \frac{600 \times 100}{3 \times 240}$$

$$= 83,33 \text{ mm}$$

Jarak tulangan geser :

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \times d \times f_{yv}}{V_{\text{min}}}$$

$$= \frac{157 \times 539 \times 240}{107800,00}$$

$$= 188,4 \text{ mm}$$

Kontrol jarak spasi tulangan geser berdasarkan kondisi 1

$$S_{\text{maks}} \leq \frac{d}{2}$$

$$150 \text{ mm} \leq \frac{539}{2}$$

$$150 \text{ mm} \leq 269,5 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{OK}$$

maka tulangan geser kolom $\varnothing 10 - 150$

G. Cek Persyaratn SRPMM Untuk Kekuatan Geser Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3.5.2, spasi maksimum sengkang ikat yang dipasang pada rentang L_o dari muka hubungan balok-kolom S_o . Spasi S_o tersebut tidak boleh melebihi :

Delapan kali diameter tulangan longitudinal terkecil,

$$S_o \leq 8 \times D_{\text{lentur}}$$

$$150 \text{ mm} \leq 8 \times 22 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 176 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Memenuhi}$$

24 kali diameter sengkang ikat,

$$S_o \leq 24 \times \varnothing_{\text{sengkang}}$$

$$150 \text{ mm} \leq 24 \times 10 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Setengah dimensi penampang terkecil komponen struktur

$$S_o \leq 0,5 \times b_w$$

$$150 \text{ mm} \leq 0,5 \times 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad \rightarrow \text{Memenuhi}$$

$$S_o \leq 300 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Kontrol syarat penulangan geser memenuhi dan Spakai menggunakan 150 mm

Direncanakan $L_o = 800 \text{ mm}$

Panjang L_o tidak boleh kurang daripada nilai terbesar berikut ini:

Seperenam tinggi bersih kolom

$$L_o > \frac{1}{6} (5000 - 600)$$

$$L_o > 733,3333333 \text{ mm}$$

Dimensi terbesar penampang kolom

$$L_o > 600 \text{ mm}$$

$$L_o > 450 \text{ mm}$$

Maka L_o dipakai sebesar $= 800 \text{ mm}$

Dengan itu dipasang sengkang sebesar $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$ sejarak 800 mm dari muka hubungan balok kolom.

Sengkang ikat pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih dari $0,5 \times S_o = 0,5 \times 150 = 75 \text{ mm}$ (dari muka hubungan balok kolom)

Spasi sengkang ikat pada seberang penampang kolom tidak boleh melebihi $2 \times S_o = 2 \times 150 = 300 \text{ mm}$

H. Sambungan Lewatan pada Kolom

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.16.1, Panjang lewatan minimum sambungan leawatan tekan adalah $0,071 \times f_y \times d_b$, untuk $f_y = 400 \text{ Mpa}$ atau kurang, tetapi tidak kurang dari 300 mm

$$0,071 \times f_y \times d_b \geq 300 \text{ mm}$$

$$0,071 \times 400 \times 22 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm}$$

$$624,8 \text{ mm} \geq 300 \text{ mm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Maka panjang sambungan lewatan kolom $= 624,8 \text{ mm}$

I. Panjang penyaluran tulangan kolom

Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3, Panjang penyaluran untuk tulangan harus diambil sebesar :

$$l_d = \frac{f_y}{1,1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \left[\frac{\Psi_e \times \Psi_t \times \Psi_s}{\frac{cb \times k_{tr}}{db}} \right] \times db$$

Persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk sederhana dengan menganggap $(cb + K_{tr})db = 1,5$, yang diperbolehkan dalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2. Untuk tulangan D22 menggunakan persamaan :

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times db$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan, $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya,

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

λ = faktor beton ringan, $\lambda = 1$ untuk beton normal

db = diameter tulangan

maka :

$$\begin{aligned} l_d &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22 \\ &= 945,09 \text{ mm} \approx 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

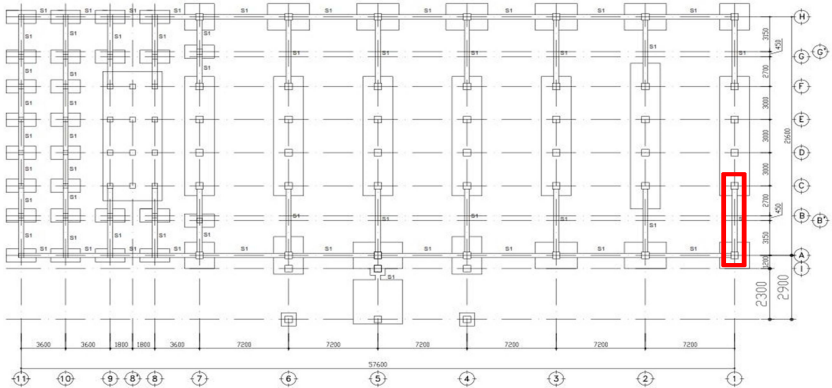
TYPE	K1
	Support, Span
SECTION	
LONGITUDINAL REINFORCEMENT	12 D22
TRANSVERSE REINFORCEMENT	10-150
COVER	40 mm

Gambar 4. 59 Penampang dan Dimensi Tulangan Kolom K1

4.5.3. Perencanaan Sloof

Data perencanaan Sloof berdasarkan gambar denah pembalokan. Hasil output dan digram gaya dalam dari analisa SAP2000. Selajutnya akan dihitung dengan metode SRPMM.

A. Gambar Rencana



B. Data Perencanaan

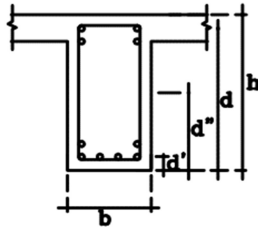
Gambar 4. 60 Denah Rencana Pembalokan Sloof

- Tipe Sloof = TB1
- Bentang sloof (L) = 6300 mm
- B Sloof = 450 mm
- H Sloof = 650 mm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
- Kuat leleh tulangan geser (f_{yv}) = 240 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) = 22 mm
- Diameter Tulangan geser (\emptyset) = 10 mm
- Spasi jarak antar tulangan sejajar = 30 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- Faktor β_1 = 0.85
- Faktor reduksi kekuatan lentur = 0.9

- Faktor reduksi kekuatan geser = 0.75
- Faktor reduksi kekuatan torsi = 0.75

C. Perhitungan Tulangan Sloof

- Tinggi Efektif Balok sloof



Gambar 4. 61 SKetsa Penampang Sloof

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{Tebal selimut} - \text{Øsengkang} - 1/2 D \text{ tulangan lentur} \\
 &= 650 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - 1/2 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 589 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

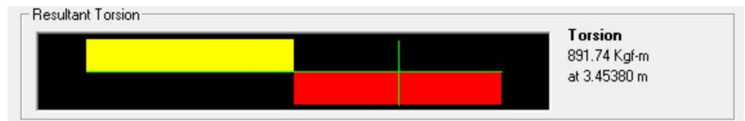
$$\begin{aligned}
 d' &= \text{Tebal selimut} + \text{Øsengkang} + 1/2 D \text{ tulangan} \\
 &\quad \text{lentur} \\
 &= 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + 1/2 \times 22 \text{ mm} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

D. Hasil Output dan Diagram Gaya dari Analisa SAP2000

Hasil output dari SAP2000 dan diagram gaya dalam digunakan dalam proses perhitungan tulangan. Hasil output didapat nilai terbesar pada frame permodelan SAP2000, berikut adalah hasil output analisa :

Hasil Output Puntir

- Kombinasi = 1,4D
Momen Puntir = 891.74 Kgm



Gambar 4. 62 Hasil Output sap 2000 Momen Puntir Balok Sloof

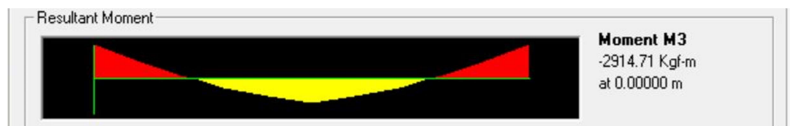
Hasil Output Diagram Momen Lentur

- Kombinasi = 1,4D
Momen Tumpuan Kiri = 2914.71 Kgm



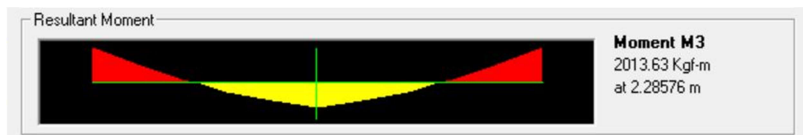
Gambar 4. 63 Hasil Output Sap 2000 Momen Lentur Tumpuan Kiri Balok Sloof

- Kombinasi = 1,4D
Momen Tumpuan Kanan = 2914.71 Kgm



Gambar 4. 64 Hasil Output SAP 2000 Momen Lentur Tumpuan Kanan Balok Sloof

- Kombinasi = 1,4D
Momen Lapangan = 2013.63 Kgm



Gambar 4. 65 Hasil Output SAP 2000 Momen Lntur Lapangan Balok Sloof

Hasil Output Diagram Gaya Geser

- Kombinasi = 1,4D
Gaya Geser = 3302.87 Kgm



Gambar 4. 66 Hasil Output SAP 2000 Gaya Geser

E. Periksa Dimensi Penampang

- Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{\text{sloof}} \times h_{\text{sloof}} \\ &= 450 \text{ mm} \times 650 \text{ mm} \\ &= 292500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Parameter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 (b_{\text{balok}} + h_{\text{balok}}) \\ &= 2 (450 \text{ mm} + 650 \text{ mm}) \\ &= 2200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - \emptyset) \times (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - \emptyset) \\ &= (450 - 2 \times 40 - 10) \times (650 - 2 \times 40 - 10) \\ &= 206600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling dibatasi As tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_{oh} &= 2[(b_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - \emptyset) \times (h_{\text{balok}} - 2t_{\text{decking}} - \emptyset)] \\ &= 2 [(450 - 2 \times 40 - 10) + (650 - 2 \times 40 - 10)] \\ &= 1840 \text{ mm} \end{aligned}$$

F. Penulangan Puntir

$$T_u = 981.74 \text{ kgm} = 8917400 \text{ Nmm}$$

- Momen Puntir nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{891.74}{0.75} = 1189.00 \text{ Kgm}$$

$$= 11898666.7 \text{ Nmm}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari beberapa kondisi di bawah ini :

$$T_{u_{\min}} = \phi 0.083 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$= 0.75 \times 0.083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \frac{29500^2}{2200}$$

$$= 13259557.87 \text{ Nmm}$$

Sedangkan untuk momen puntir terfaktor maksimal T_u dapat diambil sebesar :

$$T_{u_{\max}} = \phi 0.33 \lambda \sqrt{f_c'} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$= 0.75 \times 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times \frac{29250^2}{2200}$$

$$= 52718724.07 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$T_u < T_{u \min}$, maka tulangan puntir diabaikan

$T_u > T_{u \min}$, maka memerlukan tulangan puntir

maka :

$$T_u < T_{u \min}$$

$$8917400 \text{ Nmm} < 13259557.87 \text{ Nmm}$$

Maka Tulangan Puntir diabaikan

G. Penulangan Lentur

- Garis netral dalam kondisi balance

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$X_b = \frac{600}{600 + 400} \times 589$$

$$= 353.40 \text{ mm}$$

- Gari netral maksimum

$$X_{\max} = 0.75 X_b$$

$$X_{\max} = 0.75 \times 353.40$$

$$X_{\max} = 265.05 \text{ mm}$$

- Garis netral minimum

$$\begin{aligned} X_{\min} &= d' \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Garis netral rencana X_r berdasarkan batasan diatas :

$$X_r = 150 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_r \\ &= 0.85 \times 30 \times 450 \times 0.85 \times 150 \\ &= 1137937.5 \text{ N} \end{aligned}$$

- Luas tulangan lentur gaya tarik tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} A_{sc} &= \frac{0.85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_r}{f_y} \\ &= \frac{0.85 \times 30 \times 450 \times 0.85 \times 150}{400} \\ &= 3657.66 \end{aligned}$$

- Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} M_{n_c} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right) \\ M_{n_c} &= 3657,66 \times 400 \times \left(150 - \frac{0,85 \times 150}{2} \right) \\ M_{n_c} &= 219442794 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ \rho_b &= 0,0325 \end{aligned}$$

$$\rho_{maks} = 0,85 \times \rho_b = 0,85 \times 0,0325 = 0,0244$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

Daerah Tumpuan

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar :

Momen ultimate tumpuan

$$Mu = 29147100 \text{ Nmm}$$

Momen nominal tumpuan

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\varphi} = \frac{29147100}{0.9} \\ &= 32385666.67 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap

$Mns > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= 32385666.67 \text{ Nmm} - 219442794 \text{ Nmm}$$

$$= -187057127 \text{ Nmm}$$

(Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{\varphi \times b \times d^2} \\ &= \frac{32385666.67}{0.9 \times 350 \times 441^2} \\ &= 0.230 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,230}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0006$$

Kontrol

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

$$0,0035 > 0,0006 < 0,0244 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} \text{As Perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 450 \times 589 \\ &= 927,68 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\begin{aligned} \text{Luas Tulangan Lentur} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \pi 22^2 \\ &= 379,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan tarik

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas tulangan}} \\ &= \frac{927,68 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} \\ &= 2,94 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6 D22

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 6 \times 379,94 \text{ mm}^2 \\ &= 2279,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\text{As pasang} \geq \text{As perlu}$$

$$2279.64 \text{ mm}^2 \geq 927.7 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{geser}}) - (n \times d_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 22)}{6-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 61.2 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$61.2 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 baris}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau luasan tulangan pasang pada daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 379.94 \text{ mm}^2 = 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan } \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 379.94 \text{ mm}^2 = 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

$$2279.64 \text{ mm}^2 \geq 759.88 \text{ mm}^2 \approx \text{OK}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 6 D 22$$

$$\text{As pasang} = 2279.64 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang tulangan tekan} &= 6 \text{ D } 22 \\ \text{As pasang} &= 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2279.64 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 79.46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0.85 \times f_y \times b \times a \\ &= 0.85 \times 30 \times 50 \times 79.46 \\ &= 911856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s' &= A_s \text{ pasang} \times f_y \\ &= 2279.64 \times 400 \\ &= 911856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = (C_c' \times (d - \frac{a}{2})) + C_s' (d - d'')$$

$$M_n = (911856 \times (589 - \frac{79.46}{2})) + 911856 (589 - 61)$$

$$M_n = 982313027.2 \text{ Nmm}$$

- Kontrol

$$\begin{aligned} \phi M_n \text{ pasang} &> M_u \\ 0.9 \times 982313027.2 &> 29147100 \\ 884081724.5 &> 29147100 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi penulangan lentur untuk Balok Sloof (TB1/S1) pada daerah tumpuan dipasang

Tulangan Tarik 1 lapis = 6 D 22

Tulangan Tekan 1 lapis = 6 D 22

Daerah Lapangan

Berdasarkan output SAP2000, didapatkan momen terbesar

Momen ultimate lapangan

$$M_u = 20136300 \text{ Nmm}$$

Momen nominal lapangan

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{20136300}{0.9} = 22373666.67 \text{ Nmm}$$

- Cek syarat nominal tulangan lentur rangkap
 $M_{ns} > 0$, Maka perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} < 0$, Maka tidak perlu tulangan lentur tekan
 $M_{ns} = M_n - M_{nc}$
 $= 22373666.67 \text{ Nmm} - 219442794 \text{ Nmm}$
 $= -197069127 \text{ Nmm}$

(Maka tidak perlu tulangan lentur tekan rangkap)

Sehingga untuk analisis selanjutnya digunakan perhitungan penulangan lentur tunggal

- Perencanaan tulangan lentur tunggal

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

$$= \frac{22373666.67}{0.9 \times 450 \times 589^2}$$

$$= 0.159$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,159}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0004$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0004 < 0.0244 \quad \text{Memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0.0035$

$$\text{As Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0035 \times 450 \times 589$$

$$= 927.68 \text{ mm}^2$$

- Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (As)

$$\text{Luas Tulangan Lentur} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \pi 22^2$$

$$= 379.94 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan tarik

$$n = \frac{\text{As Perlu}}{\text{Luas Tulangan}}$$

$$n = \frac{927.68 \text{ mm}^2}{379.94 \text{ mm}^2} = 2.44 \approx 6 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan tarik 6 D22

Maka dipasang tulangan tarik 6 D22

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \times \text{Luas tulangan lentur} \\ &= 6 \times 379.94 \text{ mm}^2 \\ &= 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{As perlu} \\ 2279.64 \text{ mm}^2 &\geq 927.7 \text{ mm}^2 \approx \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2t_{\text{decking}}) - (2\phi_{\text{geser}}) - (n \times d_{\text{lentur}})}{n-1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (6 \times 22)}{6-1}$$

$$S_{\text{maks}} = 61.2 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S_{\text{maks}} > S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} < S_{\text{sejajar}} (25 \text{ mm}) \text{ disusun lebih dari 1 baris}$$

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}}$$

$$61.2 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow \text{maka disusun 1 baris}$$

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 pasal 21.3.4.1 kekuatan momen positif pada muka joint tidak boleh kurang dari sepertiga kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint. Sehingga

$$M_{\text{lentur tumpuan (+)}} \geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}}$$

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau luasan tulangan pasang pada daerah tumpuan :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 379.94 \text{ mm}^2 = 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \emptyset \text{ lentur} \\ &= 6 \times 379.94 \text{ mm}^2 = 2279.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan (+)}} &\geq \frac{1}{3} \times M_{\text{lentur tumpuan (-)}} \\ 2279.64 \text{ mm}^2 &\geq 759.88 \text{ mm}^2 \quad \approx \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol Kemampuan Penampang

$$\text{As pasang tulangan tarik} = 6 \text{ D } 22$$

$$\text{As pasang} = 2279.64 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pasang tulangan tekan} = 6 \text{ D } 22$$

$$\text{As pasang} = 2279.64 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{(\text{As} - \text{As}') \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{2279.64 \times 400}{0.85 \times 30 \times 450} \\ &= 79.46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0.85 \times f_y \times b \times a \\ &= 0.85 \times 30 \times 50 \times 79.46 \\ &= 911856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cs' &= \text{As pasang} \times f_y \\ &= 2279.64 \times 400 \\ &= 911856 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_n = (Cc' \times (d - \frac{a}{2})) + Cs' (d - d'')$$

$$M_n = (911856 \times (589 - \frac{79.46}{2})) + 911856 (589 - 61)$$

$$M_n = 982313027.2 \text{ Nmm}$$

- Kontrol

ϕ Mn pasang	> Mu
0.9 x 982313027.2	> 20136300
884081724.5	> 20136300 → OK

Jadi penulangan lentur untuk Balok Sloof (TB1/S1) pada daerah lapangan dipasang
 Tulangan Tarik 1 lapis = 6 D 22
 Tulangan Tekan 1 lapis = 6 D 22

- H. Perhitungan Tulangan Geser
 Gaya terfaktor geser dari SAP2000, yaitu :
 $V_u = 3302.87 \text{ kgf}$
 $= 33028.7 \text{ N}$

- Momen Nominal
 Momen Nominal diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur tumpuan dengan luas tulangan sebagai berikut :
 $As \text{ pasang tulangan tarik} = 6D 22 = 2279.64 \text{ mm}^2$
 $As \text{ pasang tulangan tekan} = 6D 22 = 2279.64 \text{ mm}^2$

- Momen nominal tumpuan kiri

$$a = \frac{As \times fy}{0.85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{2279.64 \times 240}{0.85 \times 30 \times 450}$$

$$= 47.68$$

$$M_{nl} = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2279.64 \times 240 \times \left(589 - \frac{47.68}{2} \right)$$

$$= 309207065.5 \text{ N}$$

- Momen Tumpuan Kanan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{2279.64 \times 240}{0.85 \times 30 \times 450} \\
 &= 47.68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nr} &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 M_{nr} &= 2279.64 \times 240 \times \left(589 - \frac{47.68}{2} \right) \\
 M_{nr} &= 309207065.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser pada ujung perletakan

$$\begin{aligned}
 l_n &= \text{bentang balok bersih} \\
 &= L_{\text{balok}} - (2 \times (0.5 \times B_{\text{kolom}})) \\
 &= 6300 - (2 \times (0.5 \times 600)) \\
 &= 5700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{u_1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + \frac{W_u - l_n}{2} \\
 V_{u_1} &= \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} + V_u
 \end{aligned}$$

$$V_{u_1} = \frac{309207065,5 + 309207065,5}{5700} + 33028,7$$

$$V_{u_1} = 141522,41 \text{ N}$$

- Syarat Kuat Tekan Beton (f_c')

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.1.2 nilai $\sqrt{f_c'}$ yang digunakan tidak boleh melebihi 8,3 Mpa

$$\sqrt{f_c'} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$\sqrt{30} < 8,3 \text{ Mpa}$$

$$5.47 \text{ Mpa} < 8,3 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

- Kuat Geser Beton

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \times 1 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= 0.17 \times 1 \times 5.48 \times 450 \times 589 \\
 &= 246795.5686 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Kuat Geser Tulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_{Smin} &= \frac{1}{3} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 450 \times 589 \\
 &= 88350 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{Smaks} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\
 &= \frac{1}{3} \times 5.48 \times 450 \times 589 \\
 &= 967826 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Pembagian Wilayah Geser Balok

Wilayah pada daerah geser balok dibagi menjadi 3 wilayah, yaitu :

1. Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan), sejarak dua kali tinggi balok dari muka kolom ke arah tengah bentang (SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4.2)
2. Wilayah 2 (daerah lapangan), dimulai dari wilayah 1 dan 3 sampai 1/2 bentang balok

Perhitungan Penulangan Geser Balok

- Wilayah 1 dan 3 (daerah tumpuan)

$$V_{u1} = 141522.41 \text{ N}$$

- Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$V_{u1} \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$141522.41 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 246795.56 \text{ N}$$

$$141522.41 \text{ N} \leq 92548.34 \text{ N} \approx \text{(Tidak Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_{u1} \leq \phi \times V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 246795.56 \leq 94858 \text{ N} \leq 0.75 \times 246795.56 \text{ N}$$

$$92548.33822 \text{ N} \leq 141522 \text{ N} \leq 185096.6764 \text{ N}$$

(Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 2

- Kontrol jarak spasi tulangan geser

$$\text{Dipakai } s = 100 \text{ mm}$$

$$s_{maks} \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{589}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 147 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang menggunakan tulangan geser minimum, Maka luas penampang sengkang yang diperlukan :

$$\begin{aligned} A_{v_{perlu}} &= A_{v_{min}} = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y} \\ &= \frac{450 \times 100}{3 \times 240} \\ &= 62.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran Ø10 dengan 2 kaki

$$\begin{aligned} A_{v_{pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$\begin{aligned} A_{v_{pakai}} &> A_{v_{perlu}} \\ 157 \text{ mm}^2 &> 62.5 \text{ mm}^2 \approx \text{OK} \end{aligned}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 1 dan 3 adalah Ø10 - 100 mm

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan dengan panjang maksimal tidak kurang dari $2h$ diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

Cek Persyaratan :

1. $S_{pakai} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 589 / 4$
 $100 \text{ mm} < 147 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 2. $S_{pakai} < 8 D_{lentur}$
 $100 \text{ mm} < 8 \times 22$
 $100 \text{ mm} < 176 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 3. $S_{pakai} < 24 D_{geser}$
 $100 \text{ mm} < 24 \times 10$
 $100 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
 4. $S_{pakai} < 300 \text{ mm}$
 $100 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$ **(Memenuhi)**
- Wilayah 2
 Gaya geser pada wilayah 2 daerah lapangan diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{Vu_2}{0.5 \times Ln - 2h} &= \frac{Vu_1}{0.5 \times Ln} \\ Vu_2 &= \frac{Vu_1 \times (0.5 \times Ln - 2h)}{0.5 \times Ln} \\ &= \frac{141522 \times (0.5 \times 6300 - 2 \times 650)}{0.5 \times 6300} \\ &= 83116.334 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek Kondisi

Kondisi Geser 1 → Tidak perlu tulangan geser

$$Vu_1 \leq 0.5 \times \varphi \times Vc$$

$$83116.33438 \text{ N} \leq 0.5 \times 0.75 \times 246795.57 \text{ N}$$

$$83116.33438 \text{ N} \leq 92548.34 \text{ N} \rightarrow \text{(Memenuhi)}$$

Kondisi Geser 2 → Tulangan geser minimum

$$0.5 \times \varphi \times Vc \leq Vu_1 \leq \varphi \times Vc$$

$$0.5 \times 0.75 \times 246795.57 \leq 83116.33438 \text{ N} \leq 0.75 \times 246795.57 \text{ N}$$

$$92548.33822 \text{ N} \leq 83116.33438 \text{ N} \leq 185096.6764 \text{ N}$$

(Tidak Memenuhi)

Maka perencanaan tulangan geser tumpuan berdasarkan kondisi 1

- Kontrol jarak spasi tulangan geser

Dipakai $s = 100 \text{ mm}$

$$Smaks \leq \frac{d}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq \frac{589}{4}$$

$$100 \text{ mm} \leq 295 \text{ mm} \approx \text{OK}$$

Berdasarkan kondisi 2 yang menggunakan tulangan geser minimum, Maka luas penampang sengkang yang diperlukan

$$Av_{perlu} = Av_{min} = \frac{bw \times s}{3 \times fy}$$

$$= \frac{450 \times 100}{3 \times 240}$$

$$= 93.75 \text{ mm}^2$$

Direncanakan menggunakan sengkang ukuran Ø10 dengan 2 kaki

- Maka luas penampang geser :

$$\begin{aligned} \text{A}_{\text{pakai}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek syarat :

$$\begin{aligned} \text{A}_{\text{pakai}} &> \text{A}_{\text{perlu}} \\ 157 \text{ mm}^2 &> 93.75 \text{ mm}^2 \approx \mathbf{OK} \end{aligned}$$

Maka tulangan geser pada wilayah 2 adalah Ø10 – 150 mm

- Cek Syarat SRPMM untuk Kekuatan Lentur pada Balok

Pada SNI 2847-2013 Pasal 21.3.4 mensyaratkan Pada kedua ujung balok sengkang harus disediakan dengan panjang maksimal tidak kurang dari 2h diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang. Sengkang pertama dipasang pada jarak tidak lebih dari 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

- a. $d/4$
- b. Delapan kali diameter tulangan lentur
- c. 24 kali diameter tulangan geser
- d. 300 mm

Cek Persyaratan :

- a. $\text{Spakai} < d/4$
 $100 \text{ mm} < 589 / 4$
 $100 \text{ mm} < 295 \text{ mm} \quad (\mathbf{Memenuhi})$
- b. $\text{Spakai} < 8 \text{ D}_{\text{lentur}}$

- 100 mm < 8 x 22
 100 mm < 176 mm **(Memenuhi)**
- c. Spakai < 24 Dgeser
 100 mm < 24 x 10
 100 mm < 240 mm **(Memenuhi)**
- d. Spakai < 300 mm
 100 mm < 300 mm **(Memenuhi)**

I. Perhitungan Panjang Penyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan panjang penyaluran tulangan berdasarkan pada SNI 2847-2013 pasal 12.2.

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik
 Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.2

$$l_d = \frac{f_y}{1.1 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \left[\frac{\Psi_e \times \Psi_t \times \Psi_s}{\frac{c_b \times k_{tr}}{d_b}} \right] \times d_b$$

Persamaan diatas dapat dibuat dalam bentuk sederhana dengan menganggap $(c_b + K_{tr})d_b = 1,5$, yang diperbolehkan dalam SNI 2847-2013 pasal 12.2.2. Untuk tulangan D22 menggunakan persamaan :

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

λ = faktor beton ringan, $\lambda = 1$ untuk beton norm
 db = diameter tulangan

Maka :

$$ld = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22$$

$$= 945.09 \text{ mm} \rightarrow 1000 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai ld tidak boleh daripada 300 mm

$$ld > 300 \text{ mm}$$

$$1000 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan ldc dan factor kelebihan tulangan :

$$l_{dc} = \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times ld$$

$$= \frac{945.09}{2279.6} \times 1000$$

$$= 406.939 \rightarrow 850 \text{ mm}$$

- Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan
 Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2 diatur mengenai panjang penyaluran tulangan pada kondisi tekan, yang diambil dari nilai terbesar antara persamaan berikut :

$$l_{dc1} = \frac{0.24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$$

$$= \frac{0.24 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \times 22$$

$$= 385.60 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0.043 \times fy \times db$$

$$= 0.043 \times 400 \times 22$$

$$= 378.4 \text{ mm}$$

Diambil nilai yang terbesar dari persamaan

$$l_{dc1} = 385.60 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

- Syarat : nilai ld tidak boleh lebih kecil daripada 200 mm

$$ld > 200 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan sebesar 400 mm

Panjang penyaluran boleh direduksi dengan mengalikan l_{dc} dan factor kelebihan tulangan

$$\begin{aligned} l_{dc \text{ reduksi}} &= \frac{As \text{ perlu}}{As \text{ pasang}} \times l_{dc} \\ &= \frac{927.7}{2279.6} \times 400 \\ &= 162.78 \rightarrow 350 \text{ mm} \end{aligned}$$

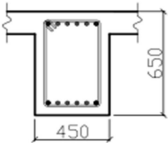
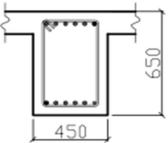
- Angkur

Untuk perhitungan angkur berdasarkan SNI 284 - 2013 Pasal 12.5.2 dimana :

$$\begin{aligned} l_{dh} &= \frac{0.24 \times \Psi_e \times f_y}{\lambda \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= \frac{0.24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \times 22 \\ &= 385.60 \text{ mm} \rightarrow 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Syarat : nilai l_{dh} tidak boleh kurang dari 8 db dan 150 mm

$$\begin{array}{rcl} l_{dh} & \geq & 8db \\ 385.60 \text{ mm} & \geq & 8 \times 22 \\ 385.60 \text{ mm} & \geq & 176 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK} \\ l_{dh} & \geq & 150 \text{ mm} \\ 385.60 \text{ mm} & \geq & 150 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{OK} \end{array}$$

TYPE	TB1	
	Support	Span
SECTION		
B x H	450 x 650	450 x 650
TOP REINFORCEMENT	6 D22	6 D22
TORSION REINFORCEMENT		
BOTTOM REINFORCEMENT	6 D22	6 D22
TIES	10-100	10-150

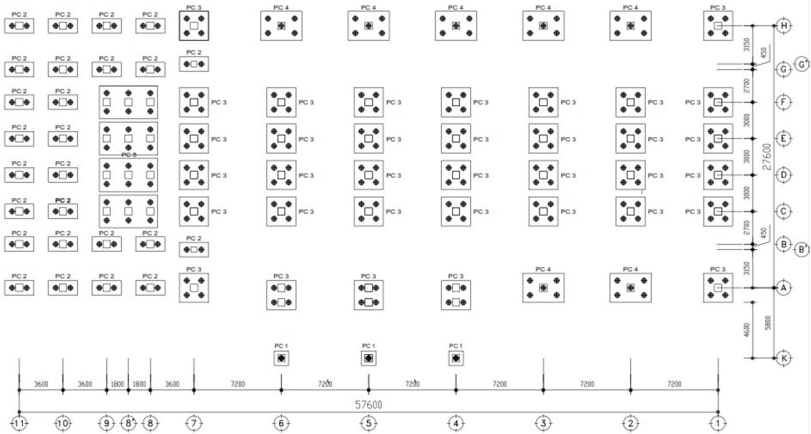
Gambar 4. 67 Penampang dan Dimensi Balok Sloof (TB1)

4.5.4. Perencanaan Pondasi

Perhitungan struktur pondasi, dimensi dari *pile cap* dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau. sehingga, akan menghasilkan pondasi yang efisien. Daya dukung tanah dihitung menggunakan rumus Meyerhof (1956). Berdasarkan nilai N-SPT maka kapasitas tiang pancang secara empiris menurut meyerhof dinyatakan dengan rumus.

4.5.4.1. Perencanaan Pondasi P1

A. Gambar Rencana



Gambar 4. 68 Gambar Rencana Pondasi

B. Data Perencanaan Pondasi

- Kedalaman Rencana = 24 m
- $\varnothing_{rencana}$ = 22 mm
- Mutu beton (f_c') = 30 MPa
- Mutu baja tulangan (f_y) = 400 MPa

Spesifikasi Tiang Pancang

Dipakai tiang pancang Prestressed Concrete Pretension Spun Piles 400 - A2 dari WIKA Beton dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Panjang Tiang = 8m
- Mutu beton tiang (f_c') = 52 MPa
- Dimensi tiang rencana (D) = 400 mm = 0,4 m
- Luas penampang (A_p) = 76565 mm²
= 0,0766 m²
- Keliling penampang (A_s) = 1256000 mm²
= 1,256 m²
- Inersia penampang = 106488,95 cm²
- P ijin bahan = 121,10 ton

C. Daya Dukung Tiang Tunggal

- Daya Dukung Metode Statis

Perhitungan struktur pondasi, dimensi dari *pile cap* dan jumlah tiang pancang dihitung berdasarkan gaya yang terjadi pada titik yang ditinjau. sehingga, akan menghasilkan pondasi yang efisien. Daya dukung tanah ijin dihitung menggunakan rumus Meyerhoff (1956). Berdasarkan nilai N-SPT maka kapasitas tiang pancang secara empiris menurut meyerhoff dinyatakan dengan rumus:

$$Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= (40 \times N_{spt} \times A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5} \right)$$

Keterangan

Q_p = Tahanan ujung tiang pancang (ton)

Q_s = Tahanan selimut tiang pancang (ton)

N_b = Nilai N_{spt} rata-rata pada kedalaman 4D

A_p = Luas penampang tiang (m²)

A_s = Keliling penampang tiang (m)

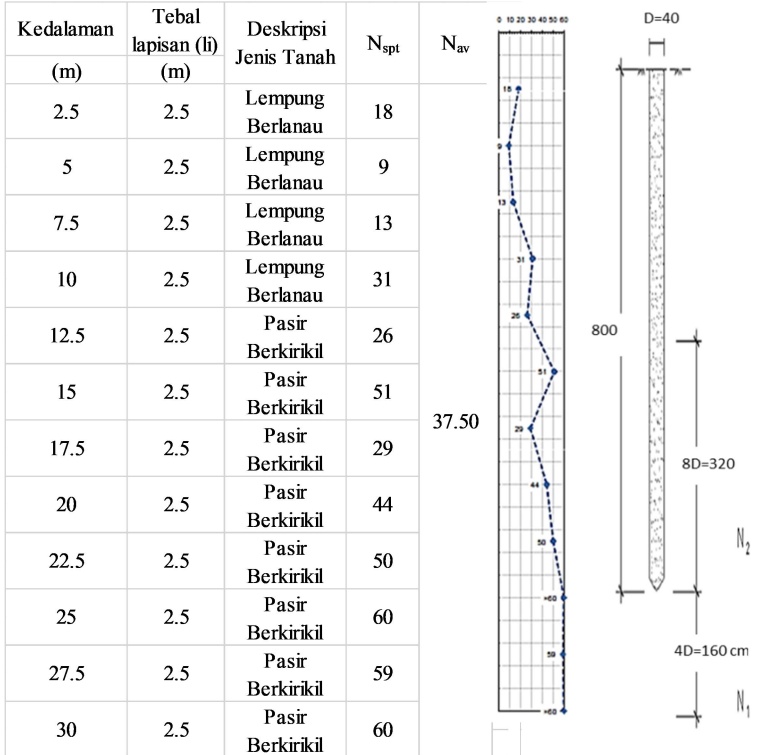
L_i = Panjang segmen yang ditinjau / tebal lapisan

N_{av} = Rata-rata nilai SPT sepanjang tiang

SF = Safety Factor = 3

Sehingga dapat dihitung nilai daya dukung tanah ijin pada tiang pancang tunggal hingga kedalaman 30 meter dengan tabel sebagai berikut :

Tabel 4. 33 Daya Dukung Tanah



Data nilai N-SPT dengan kedalaman tanah 24 m adalah sebagai berikut ;

N1 = Nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 4D di bawah tiang

N2 = Nilai rata-rata N_{spt} pada kedalaman 8D di atas tiang

Maka :

$$N1 = \frac{55+60+59}{3} = 58$$

$$N2 = \frac{55+50+48}{4} = 49$$

Harga N rata-rata

$$N_b = \frac{N_1 + N_2}{2} = \frac{58 + 49}{2} \\ = 53.625$$

Daya dukung ultimit

$$Q_{all} = Q_{ijin} = \frac{Qu}{SF} \\ = \frac{173,65}{3} \\ = 57,88 \text{ ton}$$

Dari perhitungan tabel tersebut dapat diketahui untuk kedalaman tiang pancang rencana dari data tanah sedalam 30 m. Daya dukung tanah izin sebesar 57,88 ton. Karena P ijin bahan lebih besar dari P ijin tanah (121,10 ton > 57,88 ton) maka tiang pancang tidak akan pecah saat dipancang atau mampu menembus tanah.

- Daya Dukung Metode Dinamis

Pada saat pemancangan di lapangan diperlukan perhitungan daya dukung tiang tunggal akibat beban dinamis akibat mesin pancang (hammer) yang dipengaruhi oleh berat dan ketinggian hammer saat dijatuhkan. Digunakan Formula WIKA yang merupakan bagian dari reformasi rumus *Hiley* (1930) yang dipakai oleh perusahaan WIKA dengan perhitungan :

$$R = \frac{2 \times W_r \times H}{S+k} \times \frac{(W_r + (N^2 \times W_p))}{W_r + W_p} \times \frac{1}{SF}$$

Keterangan:

R = Daya dukung tiang ijin dinamis

Berikut merupakan data perencanaan pemancangan yang dilakukan :

Jenis *Hammer* = *Diesel Hammer K-35 single-acting*

Berat ram (Wr) = 3,5 ton = 3500 kg
 Tinggi jatuh ram (H) = 210 cm
 Efisiensi (eh) = 0,85 – 1,00 (duambil 0,85)
 Koef. Restitusi (n) = 0,5
 Berat Tiang (Wp) = 191 kg/m x 8 = 1582 kg = 1,53ton
 Final Set (S) = 0,08 cm
 Rebound (k) = 1,10 cm
 Safety Factor (SF) = 3
 Sehingga didapatkan nilai daya dukung tiang ijin dinamis untk tiang tunggal :

$$R = \frac{2 \times 3,5 \times 210}{0,08+1,10} \times \frac{(3,5+(0,5^2 \times 1,53))}{3,5+1,53} \times \frac{1}{3}$$

$$= 320,61 \text{ ton}$$

Hasil daya dukung tiang dengan metode dinamis dinamis didapatkan lebih besar dari daya dukung tiang metode statis dengan data SPT (320,6160n > 57,88ton) sehingga daya dukung tiang untuk perencanaan ini adalah aman untuk dilakukan.

D. Perencanaan *Pile Cap*

1. Perhitungan Pondasi *Pile cap* P1

Data perencanaan

Berat Jenis Beton = 2,4 t/m³
 Lebar kolom = 600 mm
 Diameter tiang bor = 40 cm
 Kuat tekan beton (fc') = 30 MPa
 Kuat leleh tulangan lentur (fy) = 400 MPa
 Tulangan utama = 22 mm
 Tulangan susut = 14 mm
 Tebal *Pile cap* = 700 mm
 Tebal selimut beton = 75 mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

- Perencanaan Dimensi *Pile cap*

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa - Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)" menyebutkan bahwa : Gaya yang terjadi pada pondasi.

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 3D$$

$$S \geq 3 \times 40\text{cm}$$

$$S \geq 120 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak 120 mm (diasumsikan 0 cm karena direncanakan menggunakan 1 tiang pancang)

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi *pile cap* (S')

$$S' \geq 1,5D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40\text{cm}$$

$$S' \geq 60\text{cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi *pile cap* didapatkan dari jumlah perhitungan jarak antar tiang dan perhitungan jarak antar tiang pancang ke *pile cap* :

$$B \text{ pile cap} = 2S' + 0.S$$

$$= 2 \times 60 + 0 \times 20$$

$$= 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$$

$$H \text{ pile cap} = 2S' + 0.S$$

$$= 2 \times 60 + 0 \times 20$$

$$= 120 \text{ cm} = 1.2 \text{ m}$$

- Tebal *Pile Cap*

Tebal rencana *pile cap* adalah = 0.7 m

- Gaya yang Terjadi pada Pondasi
Dari program SAP 2000 gaya-gaya yang terjadi pada joint 1 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 34 Gaya–Gaya yang Terjadi pada Pondasi Joint 1

Kombinasi Beban	Joint 1		
	P (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	17,45	116,04	2,57
1D + 1L + 1 Ex	17,57	98,85	2,53
1D + 1L + 1 Ey	17,57	98,85	2,53

- Menghitung kebutuhan tiang pancang
Berat *pile cap* = $Volume\ pile\ cap \times BJ\ beton$
= $0,7m \times 1,2m \times 0,7m \times 1,68t/m^3$
= 1,69 ton
Berat *pile* = Berat *pile* x kedalaman x n
= $0,19\ ton \times 24m \times 1$
= 4,584 ton

- P Akibat beban pondasi :

$$\text{Berat } pile\ cap = 2,42\ ton$$

$$\text{Berat tanah di atas pile cap} = 1,69\ ton$$

$$\text{P aksial} = 17,57\ ton$$

$$\text{P total} = 21,68\ ton \quad +$$

Jumlah tiang Pancang (ntp)

$$\frac{Pu\ total}{Q_{all}} = \frac{21,7}{57,9} = 0,4 \approx 1$$

Dengan P_u total adalah beban setelah ditambah beban sendiri pile cap. Untuk tiang yang digunakan dalam perencanaan ini berjumlah 1 tiang.

- Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang
Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code* AASHTO adalah :

$$\eta = 1 - \tan \frac{D}{s} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right)$$

Keterangan:

m = Jumlah tiang dalam satu kolom

n = Jumlah tiang dalam satu baris

D = Diameter tiang

s = Jarak antar sumbu as tiang pancang

$$\eta = 1 - \arctan \frac{0,4}{0} \left(\frac{(1-1)1 + (1-1)1}{90 \cdot 1 \cdot 1} \right)$$

= 1 (Karena merupakan tiang pancang tunggal)

- Cek Daya Dukung ijin *pile* Berdasarkan Efisiensi
Berdasarkan perhitungan di atas daya dukung kelompok tiang adalah

$$P \text{ ijin kelompok} = \eta \times P \text{ ijin tanah} \times n$$

$$= 1 \times 57,9 \times 1$$

$$= 57,9 \text{ ton}$$

Cek daya dukung

$$\begin{aligned} \eta \times P_{\text{tiang}} \times n &> P_{\text{total}} \\ 1 \times 57,9 \times 1 &> 21,68 \text{ ton} \\ 57,9 \text{ ton} &> 21,68 \text{ ton} \rightarrow \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Daya Dukung Tiang Kelompok
Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok akan dihitung berdasarkan beban paling maksimum dan rumusnya adalah sebagai berikut:

$$P_u = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{n_x \cdot \sum y^2}$$

Dengan nilai perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat sebagai berikut :

Pengaruh jarak X dan Y

X= Jarak horizontal dari as tiang ke as kolom

Y= Jarak horizontal dari as tiang ke as kolom

Tabel 4. 35 Perhitungan Jarak Tiang Panjang Arah X dan Y

	X (m)	X ²		Y (m)	Y ²
X1	0	0	Y1	0	0
	$\sum x^2$	0		$\sum y^2$	0

P akibat pengaruh beban tetap

Gaya akibat pengaruh kombinasi 1D + 1L :

$$P = 17,45 \text{ ton}$$

$$M_x = 116,04 \text{ ton}$$

$$M_y = 2,57 \text{ ton}$$

$$\begin{array}{rcl} P & = & 17,45 \text{ ton} \\ \text{Berat } \textit{pile cap} & = & 2,42 \text{ ton} \\ \text{Berat tanah} & = & 1,69 \text{ ton} \\ \hline \sum P & = & 21,56 \text{ ton} \end{array} +$$

Maka:

$$P_u = \frac{21,56}{1} + \frac{116,04 \times 0}{0} + \frac{2,57 \times 0}{0}$$

$$= 21,56 \text{ ton}$$

- Gaya akibat pengaruh kombinasi
1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey :

$$\begin{aligned} P &= 17.57 \text{ ton} \\ M_x &= 98.85 \text{ ton} \\ M_y &= 2.53 \text{ ton} \\ \sum P &= 21.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X \max}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y \max}{n_x \cdot \sum y^2} \\ &= \frac{21.68}{1} + \frac{98.85 \times 0}{0} + \frac{2.53 \times 0}{0} \\ &= 21.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Gaya akibat pengaruh kombinasi
1D + 1L + 1Ey + 0,3Ex :

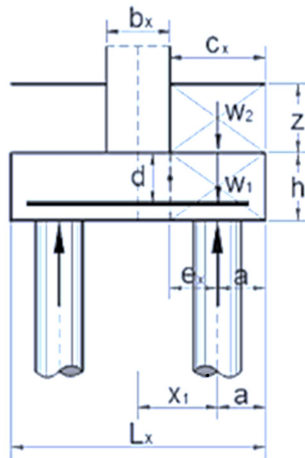
$$\begin{aligned} P &= 17.57 \text{ ton} \\ M_x &= 98.85 \text{ ton} \\ M_y &= 2.53 \text{ ton} \\ \sum P &= 21.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X \max}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y \max}{n_x \cdot \sum y^2} \\ &= \frac{21.68}{1} + \frac{98.85 \times 0}{0} + \frac{2.53 \times 0}{0} \\ &= 21.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Gaya Akibat Pengaruh Kombinasi

Kombinasi Bebar	Pu max (ton)	P _{ijin} (ton)	CEK (Pu < P _{ijin})
1D + 1L	21.56	57.9	OK
1D + 1L + 1 Ex	21.68	57.9	OK
1D + 1L + 1 Ey	21.68	57.9	OK

- Perhitungan Tulangan Pondasi P1



Gambar 4. 69 Sketsa Pondasi

- Data perencanaan :
 - F_c' = 30 MPa
 - F_y = 400 MPa
 - Decking = 75 mm
 - D tulangan = 22 mm
 - D tiang = 400 mm
 - BJ beton = 2,4 t/m³
 - BJ tanah = 1,7 t/m³
- Perhitungan yang bisa dilihat dari sketsa diatas sebagai berikut :
 - a = 0,6 m
 - X_1 = 0,2 m
 - b_x = 0,6 m
 - C_x = $(X_1 - b_x/2) + a = 0,5$ m
 - Z = 1,2 m
 - h = 0,7 m

$$\begin{aligned}
 L_y &= 1,2 \text{ m} \\
 d &= \text{tebal pile cap} - \text{tebal selimut} - \text{Øtulangan} \\
 &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\
 &= 603 \text{ mm} \\
 - \text{ Q di atas bidang ditinjau} &= \text{berat pile cap (W}_1\text{) dan tanah (W}_2\text{)} \\
 W_1 &= C_x \cdot h \cdot L_y \cdot \text{BJ beton} \\
 &= 0,5 \times 0,7 \times 1,2 \times 2,4 \\
 &= 1,01 \text{ ton} \\
 W_2 &= C_x \cdot h \cdot L_y \cdot \text{BJ tanah} \\
 &= 0,5 \times 0,7 \times 1,2 \times 1,7 \\
 &= 0,71 \text{ ton} \\
 Q &= W_1 + W_2 \\
 &= 1,01 \text{ ton} + 0,71 \text{ ton} \\
 &= 1,71 \text{ ton} \\
 P &= P_{\text{max}} \times \text{juloh tiang} \\
 &= 21,56 \text{ ton} \times 1 \\
 &= 21,56 \text{ ton} \\
 - \text{ Tulangan Arah X} \\
 M_u &= M_p - M_q \\
 &= (P \times a) - (0,5 \cdot Q \cdot C_x^2) \\
 &= (21,56 \times 0,6) - (0,5 \times 1,71 \times 0,5^2) \\
 M_u &= 12,72 \text{ ton.m} \\
 &= 127223640 \text{ N.mm} \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \\
 &= \frac{127223640}{0,9 \times 1200 \text{ mm} \times 603^2} \\
 &= 0,32 \\
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)
 \end{aligned}$$

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

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\begin{aligned} \rho_{maks} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0325 \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,32}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0008$$

- Kontrol

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\min} < \rho_{\min} \\ 0,0035 &< 0,0008 < 0,0244 \end{aligned}$$

Tidak Memenuhi

Sehingga dipakai $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho \times b_w \times d \\ &= 0,0035 \times 1200 \times 603 \\ &= 2532,60 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D22-100

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &= (0,25 \times \pi \times D^2 \times b) / s \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1200) / 100 \\ &= 4559,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

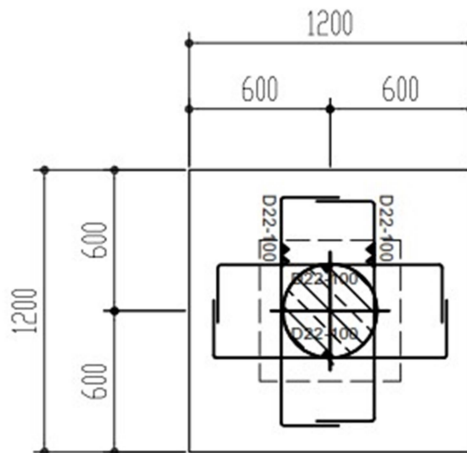
Kontrol

$$\begin{aligned} A_{s_{pasang}} &\geq A_{s_{perlu}} \\ 4559,3 \text{ mm}^2 &\geq 2532,6 \text{ mm}^2 \text{ Memenuhi} \end{aligned}$$

- Tulangan Susut
Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan menggunakan tulangan susut atau suhu
Asperlu = $0,0018 \times b \times \text{tebal pelat}$
= $0,0018 \times 1200 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$
= 1512 mm^2
Sehingga tulangan yang digunakan adalah $\text{Ø } 14 - 100$

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= (0,25 \times \pi \times D^2 \times b) / s \\ &= (0,25 \times \pi \times 14^2 \times 1200) / 100 \\ &= 1846,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tulangan arah sebaliknya ditulangi dengan tulangan dan jarak yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah yang simetris.



Gambar 4. 70 Rencana Dimensi Pondasi Pilecap P1

4.5.4.2. Perencanaan Pondasi *Pile cap* P2

A. Data Perencanaan

- Berat Jenis = $2,4 \text{ t/m}^3$

- Lebar kolom = 600 mm
- Diameter tiang bor = 40 cm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
- Tulangan utama = 22 mm
- Tulangan susut = 14 mm
- Tebal *Pile cap* = 700 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

- Perencanaan Dimensi *Pile Cap*

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa - Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)" menyebutkan bahwa :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 3D$$

$$S \geq 3 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 120 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S = 120 \text{ cm}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi *pile cap* (S')

$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi *pile cap* didapatkan dari jumlah perhitungan jarak antar tiang dan perhitungan jarak antar tiang pancang ke *pile cap* :

$$\begin{aligned} B \text{ pile cap} &= 2 \cdot S' + 1 \cdot S \\ &= 2 \times 60 + 1 \times 120 \\ &= 240 \text{ cm} \\ &= 2,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H \text{ pile cap} &= 2 \cdot S' + 0 \cdot S \\ &= 2 \times 60 + 0 \times 120 \end{aligned}$$

$$= 120 \text{ cm}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

- Tebal *Pile Cap*
Tebal rencana dari *Pile Cap* adalah 0,7
- Gaya yang terjadi pada pondasi
Dari program bantu SAP2000 diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 86 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 37 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Joint 86

Kombinasi Beban	Joint 86		
	P (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	99,48	0,63	0,32
1D + 1L + 1 Ex	108,38	13,58	6,59
1D + 1L + 1 Ey	108,38	13,58	6,59

- Pengecekan Ulang Kebutuhan *Pile*
 Berat *pile cap* = Volume *pile cap* x BJ beton
 $= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3$
 $= 4,84 \text{ ton}$
 Berat tanah = Volume *pile cap* x BJ tanah
 $= 2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 1,68 \text{ t/m}^3$
 $= 3,39 \text{ ton}$
 Berat *pile* = Berat *pile* x kedalaman x n
 $= 0,191 \text{ ton} \times 24 \text{ m} \times 1$
 $= 4,584 \text{ ton}$
- P akibat beban pondasi
 Berat *pile cap* = 4,84 ton
 Berat tanah di atas *pile cap* = 3,39 ton
 P aksial = 108,38 ton +
 P total = 116,60 ton

$$\begin{aligned}
 - \text{ Jumlah tiang Pancang (ntp)} &= \frac{Pu \text{ total}}{Q_{all}} \\
 &= \frac{116,6}{57,9} \\
 &= 1,5 \approx 2
 \end{aligned}$$

Dengan Pu total adalah beban setelah ditambah beban sendiri *pile cap*. Untuk tiang yang dalam perencanaan ini berjumlah 2 tiang

- Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang
Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah :

$$\eta = 1 - \tan \frac{D}{s} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right)$$

Keterangan

$$m = \text{Jumlah tiang dalam satu kolom} = 2$$

$$n = \text{Jumlah tiang dalam satu baris} = 1$$

$$D = \text{Diameter tiang} = 0,4 \text{ m}$$

$$s = \text{Jarak antar sumbu as tiang pancang} = 1,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= 1 - \tan \frac{0,4}{1,2} \left(\frac{(1-1)2 + (2-1)1}{90 \times 2 \times 1} \right) \\
 &= 0,897611111
 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi(η) didapatkan sebesar 0,897611111

- Cek Daya Dukung ijin *pile* Berdasarkan Efisiensi
Berdasarkan perhitungan di atas daya dukung kelompok tiang adalah

$$\begin{aligned}
 P_{ijin \text{ kelompok}} &= \eta \times P_{ijin \text{ tanah}} \times n \\
 &= 0,897611111 \times 57,9 \times 2 \\
 &= 117,5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Cek daya dukung

$$\begin{aligned}
 \eta \times P_{tiang} \times n &> P_{total} \\
 0,897611111 \times 57,9 \times 2 &> 116,60 \text{ ton} \\
 117,5 \text{ ton} &> 116,60 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

- Daya Dukung Tiang Kelompok

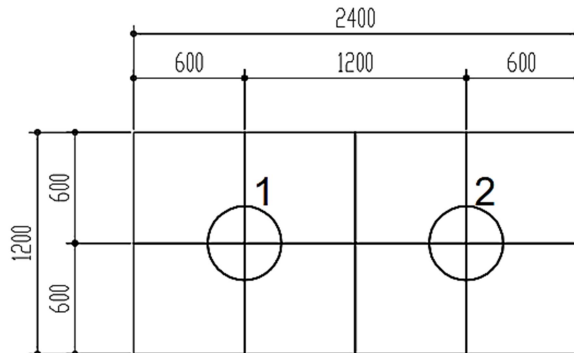
Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok akan dihitung berdasarkan beban paling maksimal dan rumusnya adalah sebagai berikut :

$$P_u = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{m \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{n \cdot \sum y^2}$$

Keterangan :

m = Banyaknya tiang dalam satu kolom

n = Banyaknya tiang dalam satu baris



Gambar 4. 71 Rencana Pondasi Pilecap P2

Dengan nilai perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat sebagai berikut :

Pengaruh jarak X dan Y

X = Jarak As kolom ke as pondasi arah x

Y = Jarak As kolom ke as pondasi arah y

Tabel 4. 38 Tabel Perhitungan Jarak Arah X dan Y

No	x (m)	x ² (m ²)	y (m)	y ² (m ²)
1	0,6	0,36	0	0
2	-0,6	0,36	0	0
	$\sum x^2$	0,72	$\sum y^2$	0

P akibat pengaruh beban tetap
Gaya akibat pengaruh kombinasi 1D + 1L :

$$P = 99,48 \text{ ton}$$

$$M_x = 0,63 \text{ ton}$$

$$M_y = 0,32 \text{ ton}$$

$$P = 99,48 \text{ ton}$$

$$\text{Berat pile cap} = 4,84 \text{ ton}$$

$$\text{Berat tanah} = 3,39 \text{ ton} +$$

$$\Sigma P = 107,70 \text{ ton}$$

maka

$$P_{\text{maks}} = \frac{107,70}{2} + \frac{0,32 \times 0,6}{2 \times 0,72} + \frac{0,63 \times 0}{1 \times 0}$$

$$= 53,98 \text{ ton}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{107,70}{2} - \frac{0,32 \times 0,6}{2 \times 0,72} - \frac{0,63 \times 0}{1 \times 0}$$

$$= 53,72 \text{ ton}$$

Gaya akibat pengaruh kombinasi
1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey:

$$M_x = 13,58 \text{ ton}$$

$$M_y = 6,59 \text{ ton}$$

$$\Sigma P = 116,60 \text{ ton}$$

maka

$$P_{\text{maks}} = \frac{116,60}{2} + \frac{6,6 \times 0,6}{2 \times 0,72} + \frac{13,6 \times 0}{1 \times 0}$$

$$= 61,05 \text{ ton}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{116,60}{2} - \frac{6,59 \times 0,6}{2 \times 0,72} - \frac{13,6 \times 0}{1 \times 0}$$

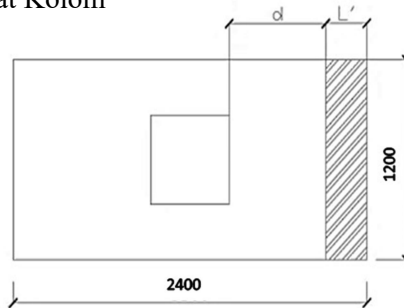
$$= 55,56 \text{ ton}$$

Tabel 4. 39 Rekapitulasi Kombinasi Beban

Kombinasi Beban	P_u max (ton)	P_u min (ton)	P_{ijin} (ton)	CEK ($P_u < P_{\text{ijin}}$)
-----------------	-----------------------	-----------------------	----------------------------	------------------------------------

1D + 1L	53,98	53,72	117,5	OK
1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey	61,05	55,56	117,5	OK
1D + 1L + 1Exy + 0.3Ex	61,05	55,56	117,5	OK

- Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada *pile cap* Akibat Kolom



Gambar 4. 72 Sketsa Geser Satu Arah pada Pile Cap Akibat Kolom

Apabila digunakan tulangan D 22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif *pile cap* adalah :

$$\begin{aligned}
 d &= \text{pile cap} - \text{tebalselimut} - \text{Øpile cap} - (\text{Øpile cap}/2) \\
 &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - (22 \text{ mm} / 2) \\
 &= 592 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor yang didapatkan dari program bantu analisis SAP2000 pada kombinasi (1D + 1L + 1Ex) adalah :

$$P_u = 108,38 \text{ ton} \quad (\text{Joint } 86)$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B \times H}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{108,38 \text{ ton}}{2,4 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}} \\
 &= 37,63125 \text{ ton/m}^2 \\
 &= 0,3763125 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi pada pile cap, V_u :

$$\begin{aligned}
 L' &= \text{Daerah pembebanan yang} \\
 &\text{diperhitungkan untuk geser penulangan} \\
 &\text{satu arah} \\
 &= (0,5 \times B) - (0,5 \times \text{bkolom}) - d \\
 &= (0,5 \times 2400 \text{ mm}) - (0,5 \times 600 \text{ mm}) - \\
 &592 \text{ mm} \\
 &= 308 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

maka

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \times H \times L' \\
 &= 0,3763125 \text{ N/mm}^2 \times 1200 \text{ mm} \times 308 \\
 &\text{mm} \\
 &= 139085,1 \text{ N}
 \end{aligned}$$

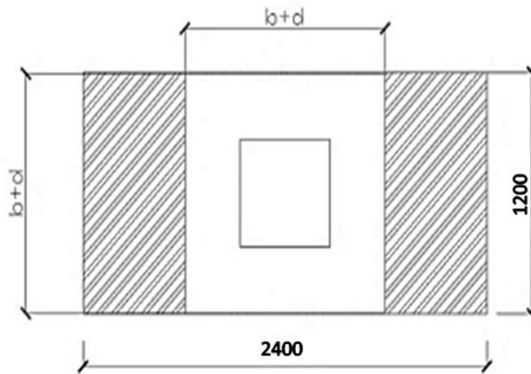
- Gaya geser yang mampu diipikul oleh beton, V_c :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times B \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 2400 \times 592 \\
 &= 1322947,156 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{array}{rcl}
 \phi V_c & > & V_u \\
 0,75 \times 1322947,156 & > & 139085,1 \\
 992210,37 \text{ N} & > & 139085,1 \text{ N} \quad \text{OK}
 \end{array}$$

- Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada *pile cap* Akibat Kolom dan Tiang Pancang
- Geser Dua Arah di sekitar Kolom



Gambar 4. 73 Geser Dua Arah di Sekitar Kolom

Apabila digunakan tulangan D 22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif pile cap adalah :

$$\begin{aligned} d &= t_{\text{pile cap}} - t_{\text{balselimut}} - \varnothing_{\text{pile cap}} \\ &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\ &= 603 \text{ mm} \end{aligned}$$

Daerah kritis berada pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = \frac{603 \text{ mm}}{2} = 301,5 \text{ mm}$$

Sehingga, dimensi area kritis :

$$\begin{aligned} B_x &= B_y = b_x + d \\ &= 600 \text{ mm} + 603 \text{ mm} \\ &= 1203 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (B_x + B_y) \\ &= 2 \times (1203 \text{ mm} + 1203 \text{ mm}) \\ &= 4812 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_x = 700 \text{ mm}$$

$$L_y = 1200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_t &= (L_x \times L_y) - (B_x \times B_y) \\ &= (700 \text{ mm} \times 1200 \text{ mm}) - (1203 \text{ mm} \times 1203 \text{ mm}) \\ &= 607209 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan

$$\begin{aligned}\beta_c &= \frac{L_x}{L_y} \\ &= \frac{700 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} \\ &= 0,583333333 \text{ mm}\end{aligned}$$

Beban terfaktor yang dipikul kolom

$$\begin{aligned}V_u &= P_{\text{kolom}} \\ &= 994,76 \text{ kN}\end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

- $V_{c1} = 0,17 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$
 $V_{c1} = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \lambda \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603$
 $= 11965094,51 \text{ N}$
- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$

Dimana :

- $\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)
- $\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)
- $\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

- $V_{c2} = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 603}{4812} + 2\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603$
 $= 7597229,475 \text{ N}$
- $V_{c3} = 0,33 \times 1 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$
 $= 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603$
 $= 5244661,92 \text{ N}$

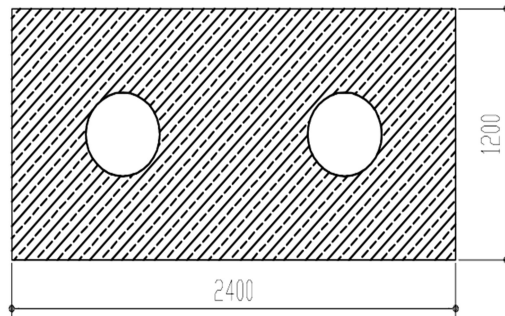
Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu :

$$\begin{aligned}V_{c1} &= 11965094,51 \text{ N} \\ V_{c2} &= 7597229,475 \text{ N} \quad \rightarrow V_{c_{\min}} = 5244661,92 \text{ N} \\ V_{c3} &= 5244661,92 \text{ N}\end{aligned}$$

- Kontrol

ϕV_c	>	V_u	
$0,75 \times 5244661,92$	>	994760 N	
3933496,44 N	>	994760 N	OK

- Geser Dua Arah di sekitar Tiang Pancang



Gambar 4. 74 Geser Dua Arah di Sekitar Tiang Pancang

Beban terpusat terbesar pada tiang pancang yaitu :

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_{\text{kolom}} \\
 &= 61,05 \text{ ton} = 610,47 \text{ kN} \\
 b_o &= 2 (600 + (b_x/2) + (d/2)) \\
 &= 2 \times (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}/2 + 603 \\
 &\quad \text{mm}/2) \\
 &= 2403 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned}
 - V_{c1} &= 0,17 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\
 &= 5975087,72 \text{ N} \\
 - V_{c2} &= 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

maka :

$$- V_{c_2} = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 603}{2403} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603$$

$$= 6276472,76 \text{ N}$$

$$- V_{c_3} = 0,33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$= 0,33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603$$

$$= 2619061,221 \text{ N}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu

$$V_{c_1} = 5975087,72 \text{ N}$$

$$V_{c_2} = 6276472,76 \text{ N}$$

$$V_{c_3} = 2619061,221 \text{ N}$$

$$\text{Didapat } V_{c_{\min}} = 2619061,221 \text{ N}$$

- Kontrol

$$\phi V_c > V_u$$

$$0,75 \times 2619061,221 > 610474,73 \text{ N}$$

$$1964295,92 \text{ N} > 610474,73 \text{ N} \quad \mathbf{OK}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur *Pile Cap*

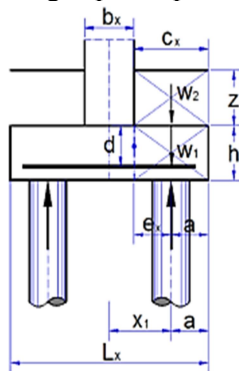
Pada perencanaan tulangan lentur pada *pile cap*, nantinya *pile cap* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang, berat sendiri *pile cap* dan berat tanah di atas *pile cap*. Dengan diketahui data perencanaan sebagai berikut :

- Data perencanaan

$$B_{pile\ cap} = 2400 \text{ mm}$$

$$H_{pile\ cap} = 1200 \text{ mm}$$

$t_{pile\ cap}$	= 700 mm
tebal selimut	= 75 mm
Ørencana	= 22 mm
Faktor β_1	= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur	= 0,9
$b_{kolom} = h_{kolom}$	= 600 mm
f_c'	= 30 Mpa
f_y	= 400 Mpa
BJ Beton	= 2,4 t/m ³
BJ tanah	= 1,68 t/m ³
a. Penulangan pile cap Arah X	



Gambar 4. 75 Sketsa Penulangan Pile Cap Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$a = 0,6 \text{ m}$$

$$X_1 = 0,6 \text{ m}$$

$$b_x = 0,6 \text{ m}$$

$$c_x = (X_1 - b_x/2) + a = 0,9 \text{ m}$$

$$z = 1,2 \text{ m}$$

$$h = 0,7 \text{ m}$$

$$L_x = 2,4 \text{ m}$$

$$d_x = 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} = 514 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dy &= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - \frac{22 \text{ mm}}{2} \\ &= 492 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban yang terjadi pada bidang *pile cap* yang ditinjau :

W_1 = Berat *pile cap* pada bidang yang ditinjau

$$\begin{aligned} &= H_{\text{pile cap}} \times t_{\text{pile cap}} \times \text{BJ Beton} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\ &= 2,016 \text{ ton/m} = 2016 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

W_2 = Berat tanah di atas bidang *pile cap* yang ditinjau

$$\begin{aligned} &= H_{\text{pile cap}} \times t_{\text{pile cap}} \times \text{BJ Tanah} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 1,68 \text{ t/m}^3 \\ &= 1,41 \text{ ton/m} = 1411,2 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang :

$$P_u = 108,38 \text{ Ton} = 108378 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada *pile cap* :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= -[(0,5 \times W_1 \times C_x2) + (0,5 \times W_2 \times C_x2)] + (P_u \times X_1) \\ &= - [(0,5 \times 2016 \times 0,9^2) + (0,5 \times 1411 \times 0,9^2)] + (108378 \times 0,6) \\ &= 63638,784 \text{ Kg.m} = 636387840 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{636387840 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 707097600 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{707097600}{1000 \times 514^2} \\ &= 2,676 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 2,676}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0071$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

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

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

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

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,85 \times \rho_b = 0,85 \times 0,0325 = 0,0244$$

- Kontrol

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

$$0,0035 < 0,0071 < 0,024384375$$

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

Memenuhi

- Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$$\rho_{perlu} = 0,0071$$

$$As_{Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0071 \times 1000 \times 514$$

$$= 3641,537419 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D 22 - 100

$$\begin{aligned} A_{S_{pasang}} &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S \\ &= (0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100 \\ &= 3799,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kontrol

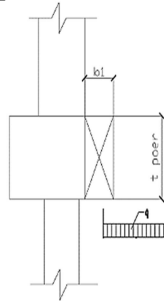
$$\begin{aligned} A_{S_{pasang}} &\geq A_{S_{perlu}} \\ 3799,4 \text{ mm}^2 &\geq 3641,5 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{Memenuhi} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur D 22 – 100 untuk penulangan pile cap Arah X bagian bawah.

Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah.

Sehingga dipasang tulangan D 22 – 100 untuk penulangan pile cap X bagian atas

• Penulangan pile cap Arah Y



Gambar 4. 76 Penulangan Pile Cap Arah Y

Beban yang terjadi pada bidang pile cap yang ditinjau :

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{Berat pile cap pada bidang yang ditinjau} \\ &= B_{pile\ cap} \times t_{pile\ cap} \times BJ\ \text{Beton} \\ &= 2,4 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\ &= 4,032 \text{ ton/m} = 4032 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{Berat tanah di atas bidang pile cap yang ditinjau} \\ &= B_{pile\ cap} \times t_{pile\ cap} \times BJ\ \text{Tanah} \end{aligned}$$

$$= 2,4 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 1,68 \text{ t/m}^3$$

$$= 2,82 \text{ ton/m} = 2822,4 \text{ kg/m}$$

- Momen yang terjadi pada pile cap :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{Mq} + \text{Mp} \\ &= [(0,5 \times W_1 \times Cx^2) + (0,5 \times W_2 \times Cx^2)] \\ &= [(0,5 \times 4032 \times 0,9^2) + (0,5 \times 2822 \times 0,9^2)] \\ &= 2776,032 \text{ Kg.m} = 27760320 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= \frac{\text{Mu}}{\phi} \\ &= \frac{27760320 \text{ Nmm}}{0,9} \\ &= 30844800 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Rasio Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} \text{Rn} &= \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} \\ &= \frac{30844800}{1000 \times 492^2} \\ &= 0,127 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,686 \end{aligned}$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,127}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0003$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

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

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

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

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,85 \times \rho_b = 0,85 \times 0,0325 = 0,0244$$

- Kontrol

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

$$0,0035 < 0,0003 < 0,024384375$$

Tidak Memenuhi

Sehingga dipakai $\rho = 0,0035$

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

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

$$As_{Perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 492$$

$$= 1722 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D 22 – 100

$$As_{pasang} = (0,25 \times \pi \times D^2 \times b) / S$$

$$= (0,25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100$$

$$= 3799,4 \text{ mm}^2$$

- Kontrol

$$As_{pasang} \geq As_{perlu}$$

$$3799,4 \text{ mm}^2 \geq 1722,0 \text{ mm}^2 \quad \textbf{Memenuhi}$$

Dipasang tulangan lentur D 22 - 100 untuk penulangan pile cap Arah Y bagian bawah.

Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah.

Sehingga dipasang tulangan D 22 - 100 untuk penulangan pile cap Y bagian atas.

- Perhitungan Transfer Beban Kolom ke pondasi
 - A1 = Luas Kolom
= 600 mm x 600 mm = 360000 mm²
 - A2 = Luas Pile cap
= 2400 mm x 1200 mm = 2880000 mm²

Kuat tumpu pada dasar kolom, N1

$$P_u = 108,38 \text{ ton} = 1083,78 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= \phi \times 0,85 \times f_c' \times A_1 \\ &= 0,65 \times 0,85 \times 30 \times 360000 \\ &= 5967000 \text{ N} = 5967 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} N_1 > P_u \\ 5967 \text{ kN} > 1083,78 \text{ kN} \end{array} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{2880000 \text{ mm}^2}{360000 \text{ mm}^2}} = 2,828$$

Namun, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.14.1

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \text{ tidak perlu diambil lebih dari } 2$$

$$\begin{aligned} N_2 &= \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \times N_1 \\ &= 2 \times 5967 \text{ kN} \\ &= 11934 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} N_2 > N_1 \\ 11934 \text{ kN} > 1083,78 \text{ kN} \end{array} \quad \mathbf{OK}$$

Dengan demikian tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi. Namun, Pada SNI 2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0.005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu. Sehingga :

$$A_s \text{ Perlu} = 0,005 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan :

6 D 22 dengan As pakai = 3799,4 mm²

Aspasang \geq Asperlu

3799,4 mm² \geq 1800 mm² → **Memenuhi**

- Panjang Penyaluran Tulangan

Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.4 untuk panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar di antara:

$$- \lambda_{dc1} = \frac{0,24 \times fy}{\lambda \times \sqrt{fc'}} = \frac{0,24 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} = 175,27 \text{ mm}$$

$$- \lambda_{dc2} = 0,043 \times db \times fy \\ = 0,043 \times 22 \times 400 \\ = 378,4 \text{ mm}$$

λ_{dc} yang digunakan adalah 378,4 mm \approx 400 mm

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

$$\lambda_{dc} = \left(\frac{fy \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{fc}} \right) \times db$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

λ = faktor beton ringan, $\lambda = 1$ untuk beton normal

db = diameter tulangan

maka :

$$\lambda_{dc} = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22 \\ = 945,09 \text{ mm} \approx 950 \text{ mm}$$

Jadi Panjang penyaluran tarik λ_d yang digunakan sepanjang 950 mm

- Tulangan Susut

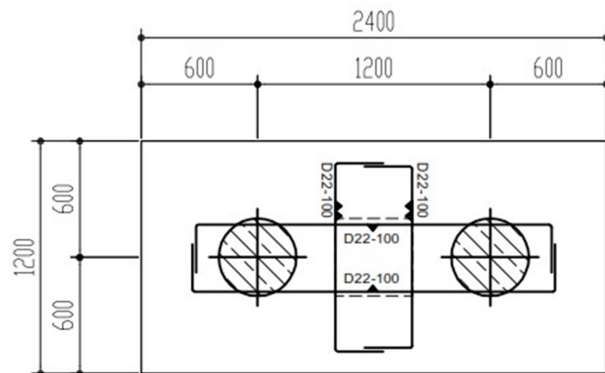
Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan menggunakan tulangan susut atau suhu

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= 0,0018 \times B_{\text{pile cap}} \times \text{tebal pile cap} \\ &= 0,0018 \times 2400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 3024 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan yang digunakan adalah $\emptyset 14 - 100$

$$\begin{aligned} A_{\text{pasang}} &= (0,25 \times \pi \times D^2 \times b) / S \\ &= (0,25 \times \pi \times 14^2 \times 2400) / 100 \\ &= 3692,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan dan jarak untuk tulangan arah sebaliknya memiliki hasil yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah yang simetris



Gambar 4. 77 Rencana Dimensi Pondasi Pilecap P2

4.5.4.3. Perencanaan Pondasi *Pile cap* P3

- Data perencanaan
- Berat Jenis Beton = 2.4 t/m³
- Lebar kolom = 600 mm
- Diameter tiang bor = 40 cm
- Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
- Tulangan utama = 22 mm

- Tulangan susut = 14 mm
- Tebal *Pile cap* = 700 mm
- Tebal selimut beton = 75 mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

- Perencanaan Dimensi *pile cap*

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa - Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)" menyebutkan bahwa :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 3D$$

$$S \geq 3 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 120 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S = 120 \text{ cm}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi *pile cap* (S')

$$S' \geq 1.5 D$$

$$S' \geq 1.5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi *pile cap* didapatkan dari jumlah perhitungan jarak antar tiang dan perhitungan jarak antar tiang pancang ke *pile cap* :

$$B \text{ pile cap} = H \text{ pile cap} = 2 \cdot S' + 1 \cdot S$$

$$= 2 \times 60 \text{ cm} + 1 \times 120$$

$$= 240 \text{ cm} = 2.4 \text{ m}$$

- Tebal *pile cap*

tebal rencana dari *pile cap* adalah 0.7 m

- Gaya yang terjadi pada pondasi

Dari program bantu SAP2000 diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 22 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 40 Gaya – Gaya yang Terjadi pada Joint 22

Kombinasi Beban	Joint 22		
	P (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	116.11	5.41	5.88
1D + 1L + 1 Ex	121.12	5.55	6.59
1D + 1L + 1 Ey	121.12	5.55	6.59

- Pengecekan Ulang Kebutuhan *Pile*

$$\begin{aligned} \text{Berat } pile \text{ cap} &= \text{Volume } pile \text{ cap} \times \text{BJ beton} \\ &= 2.4 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 9.68 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tanah} &= \text{Dimensi pc} \times \text{tebal pc} \times \text{BJ tanah} \\ &= 2.4 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.7 \text{ t/m}^3 \\ &= 6.77 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } pile &= \text{Berat } pile \times \text{kedalaman} \times n \\ &= 0.2 \text{ ton} \times 24 \text{ m} \times 4 \\ &= 18.336 \text{ ton} \end{aligned}$$

- P akibat beban pondasi

$$\text{Berat } pile \text{ cap} = 9.68 \text{ ton}$$

$$\text{Berat tanah di atas } pile \text{ cap} = 6.77 \text{ ton}$$

$$\text{P aksial} = 121.12 \text{ ton}$$

$$\text{P total} = 137.57 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang pancang } (n_{tp}) &= \frac{P_u \text{ total}}{Q_{all}} \\ &= \frac{137.6}{57.9} = 2.4 \approx 4 \end{aligned}$$

Dengan P_u total adalah beban setelah ditambah beban sendiri *pile cap*. Untuk tiang yang digunakan 4 tiang

- Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang
Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah :

$$\eta = 1 - \text{Tan} \frac{D}{s} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right)$$

Keterangan :

m = Jumlah tiang dalam satu kolom = 2

n = Jumlah tiang dalam satu baris = 2

D = Diameter tiang = 0.4 m

s = Jarak antar sumbu as tiang pancang = 1.2 m

$$\eta_c = 1 - \text{Tan} \frac{0.4}{1.2} \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \times 2 \times 2} \right)$$

$$= 0.48805556$$

Nilai efisiensi (η) didapatkan sebesar 0.48805556

- Cek Daya Dukung ijin pile Berdasarkan Efisiensi
Berdasarkan perhitungan di atas daya dukung kelompok tiang adalah

$$P_{\text{ijin kelompok}} = \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times n$$

$$= 0.48805556 \times 57.9 \times 4$$

$$= 114.3 \text{ ton}$$

Cek daya dukung

$$H \times P_{\text{tiang}} \times n > P_{\text{total}}$$

$$0.48805556 \times 57.9 \times 4 > 137.57 \text{ ton}$$

$$114.3 \text{ ton} > 137.57 \text{ ton O.K}$$

- Daya Dukung Tiang Kelompok
Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok akan dihitung berdasarkan beban paling maksimal dan rumusnya adalah sebagai berikut :

$$P_u = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{m \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{m \sum y^2}$$

Keterangan

m = Banyaknya tiang dalam satu kolom

n = Banyaknya tiang dalam satu baris

Dengan nilai perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat sebagai berikut :

Pengaruh jarak X dan Y

X = Jarak As kolom ke as pondasi arah x

Y = Jarak As kolom ke as pondasi arah y

Tabel 4. 41 Perhitungan Jarak Tiang Pancang

No	x (m)	x ² (m ²)	y (m)	y ² (m ²)
1	-0.6	0.36	0.6	0.36
2	0.6	0.36	0.6	0.36
3	-0.6	0.36	-0.6	0.36
4	0.6	0.36	-0.6	0.36
P akibat pengaruh beban tetap		0.72	0.72	0.72

Gaya akibat pengaruh kombinasi 1D + 1L :

P = 116.11 ton

M_x = 5.41 ton

M_y = 5.88 ton

P = 116.11 ton

Berat pile cap = 9.68 ton

Berat tanah = 6.77 ton

ΣP = 132.56 ton

Maka :

$$P_{maks} = \frac{132.56}{4} + \frac{5.88 \times 0.6}{2 \times 0.7} + \frac{5.41 \times 0.6}{2 \times 0.7}$$

$$= 37.84 \text{ ton}$$

$$P_{\min} = \frac{132.56}{4} - \frac{5.88 \times 0.6}{2 \times 0.7} - \frac{5.41 \times 0.6}{2 \times 0.7}$$

$$= 28.44 \text{ ton}$$

Gaya akibat pengaruh kombinasi

1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey :

$$M_x = 5.55 \text{ ton}$$

$$M_y = 6.59 \text{ ton}$$

$$\Sigma P = 137.57 \text{ ton}$$

Maka

$$P_{\max} = \frac{137.57}{4} + \frac{6.6 \times 0.6}{2 \times 0.7} + \frac{5.6 \times 0.6}{2 \times 0.7}$$

$$= 39.45 \text{ ton}$$

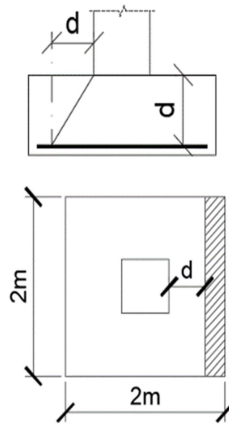
$$P_{\min} = \frac{137.57}{4} - \frac{6.59 \times 0.6}{2 \times 0.7} - \frac{5.6 \times 0.6}{2 \times 0.7}$$

$$= 29.33 \text{ ton}$$

Tabel 4. 42 Gaya Akibat Pengaruh Kombinasi

Kombinasi Beban	Pu max (ton)	Pu min (ton)	P _{ijin} (ton)	CEK (Pu < P _{ijin})
1D + 1L	37.84	28.44	141.5	OK
1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey	39.45	29.33	141.5	OK
1D + 1L + 1Exy + 0.3Ex	39.45	29.33	141.5	OK

- Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada *pile cap* Akibat Kolom



Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif *pile cap* adalah :

$$\begin{aligned} d &= t \text{ pile cap} - \text{tebal selimut} - (\text{Øpile cap}/2) \\ &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2) \\ &= 592 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor yang didapatkan dari program bantu analisis SAP2000 pada kombinasi (1D + 1L + 1Ex) adalah

$$P_u = 121.12 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{P_u}{B \times H} = \frac{121.12 \text{ ton}}{2.4 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}} = 21.027 \text{ ton/m}^2 \\ &= 0.2103 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada *pile cap*, V_u :

$$\begin{aligned} L' &= \text{Daerah pembebanan yang diperhitungkan} \\ &\quad \text{untuk geser penulangan satu arah} \\ &= (0.5 \times B) - (0.5 \times b \text{ kolom}) - d \\ &= (0.5 \times 2400 \text{ mm}) - (0.5 \times 600 \text{ mm}) - 592 \text{ mm} \\ &= 308 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \times H \text{ pile cap} \times L' \\
 &= 0.2103 \text{ N/mm}^2 \times 2400 \text{ mm} \times 308 \text{ mm} \\
 &= 155434.8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya geser yang mampu diipikul oleh beton, V_c :

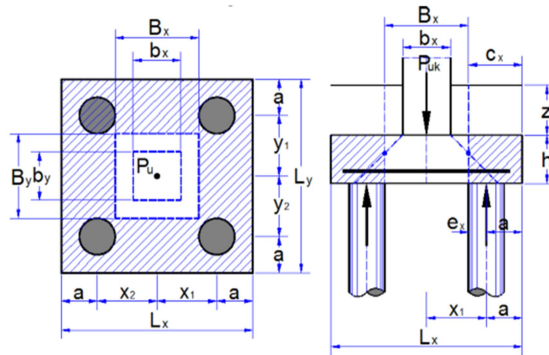
$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.2 \times \sqrt{f'c'} \times B \text{ pile cap} \times 4 \\
 &= 0.2 \times \sqrt{30} \times 2400 \times 592 \\
 &= 1322947.16 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 0.8 \times 1322947.16 &> 155434.8 \\
 992210.37 \text{ N} &> 155434.8 \text{ N OK}
 \end{aligned}$$

- Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada pile cap Akibat Kolom dan Tiang Pancang

a. Geser Dua Arah di Sekitar Kolom



Gambar 4. 78 Rencana Pondasi Pile Cap P3

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif *pile cap* adalah :

$$\begin{aligned}
 d &= t \text{ pile cap} - \text{tebal selimut} - \phi \text{ pile cap} \\
 &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\
 &= 603 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Daerah kritis berada pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = \frac{603 \text{ mm}}{2} = 301.5 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi are kritis :

$$\begin{aligned} B_x &= B_y = b_x + b \\ &= 600 \text{ mm} + 603 \text{ mm} \\ &= 1203 \text{ mm} \\ b_0 &= 2 (B_x + B_y) \\ &= 2 (1203 \text{ mm} + 1203 \text{ mm}) \\ &= 4812 \text{ mm} \\ L_x &= 2400 \text{ mm} \\ L_y &= 2400 \text{ mm} \\ A_t &= (L_x \times L_y) - (B_x \times B_y) \\ &= (2400 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}) - (1203 \text{ mm} \times 1203 \text{ mm}) \\ &= 4312791 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan

$$\beta_c = \frac{L_x}{L_y} = \frac{2400 \text{ mm}}{2400 \text{ mm}} = 1 \text{ mm}$$

Beban terfaktor yang dipikul kolom

$$\begin{aligned} V_u &= P \text{ kolom} \\ &= 1211.18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d \\ V_{c1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\ &= 8105386.603 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0.083 \times \left(\frac{as \times d}{b_0} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d$$

Dimana :

$$as = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$as = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$as = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

$$V_{c2} = 0.083 \times \left(\frac{30 \times 603}{4812} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603$$

$$= 7597229.475 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d$$

$$= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603$$

$$= 5244661.92 \text{ N}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu :

$$V_{c1} = 8105386.603 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 7597229.475 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 5244661.92 \text{ N}$$

$$\text{Didapat } V_c \text{ min} = 5244661.92 \text{ N}$$

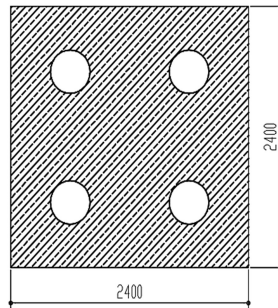
Kontrol

$$\phi V_c > V_u$$

$$0.8 \times 5244661.92 > 1211180 \text{ N}$$

$$3933496.44 \text{ N} > 1211180 \text{ N OK}$$

Geser Dua Arah di Sekitar Tiang Pancang



Gambar 4. 79 Geser Dua Arah Sekitar Pancang

$$\begin{aligned}
 \text{Beban terpusat terbesar pada tiang pancang yaitu :} \\
 V_u &= P_{\text{kolom}} \\
 &= 39.45 \text{ ton} \\
 &= 394.5047333 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_o &= 2 (600 + (b_x/2) + (d/2)) \\
 &= 2 \times (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}/2 + 603 \text{ mm}/2) \\
 &= 2403 \text{ mm} \\
 \lambda &= 1 \text{ (Untuk beton normal)}
 \end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned}
 V_{c_1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 V_{c_1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\
 &= 4047640.068 \text{ N} \\
 V_{c_2} &= 0.083 \times \left(\frac{a_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 a_s &= 40 \text{ (untuk kolom tengah)} \\
 a_s &= 30 \text{ (untuk kolom tepi)} \\
 a_s &= 20 \text{ (untuk kolom sudut)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c_2} &= 0.083 \times \left(\frac{30 \times 603}{2403} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{30} \times \\
 &2403 \times 603 \\
 &= 6276472.76 \text{ N} \\
 V_{c_3} &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d \\
 &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\
 &= 2619061.221 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu

$$\begin{aligned}
 V_{c_1} &= 4047640.068 \text{ N} \\
 V_{c_2} &= 6276472.76 \text{ N} \\
 V_{c_3} &= 2619061.221 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Didapat $V_c \text{ min} = 2619061.221 \text{ N}$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 0.8 \times 2619061.221 &> 394505 \text{ N} \\
 1964295.92 \text{ N} &> 394505 \text{ N OK}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur *pile cap*

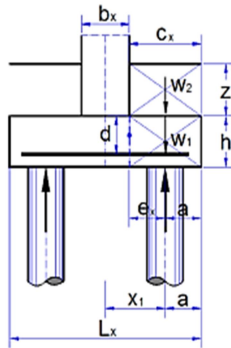
Pada perencanaan tulangan lentur pada *pile cap*, nantinya *pile cap* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang, berat sendiri *pile cap* dan berat tanah di atas *pile cap*. Dengan diketahui data perencanaan sebagai berikut :

Data Perencanaan

$$\begin{aligned}
 \text{B pile cap} &= 2400 \text{ mm} \\
 \text{H pile cap} &= 2400 \text{ mm} \\
 \text{t pile cap} &= 700 \text{ mm} \\
 \text{tebal selimut} &= 75 \text{ mm} \\
 \text{Ø rencana} &= 22 \text{ mm} \\
 \text{Faktor } \beta_1 &= 0.85
 \end{aligned}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur	= 0.9
bkolom = hkolom	= 60 mm
fc'	= 30 Mpa
fy	= 400 Mpa
BJ Beton	= 2.4 t/m ³
BJ tanah	= 1.68 t/m ³

a. Penulangan *pile cap* arah X



Gambar 4. 80 Penulangan Pile Cap P3 Arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

a	= 0.6 m
X1	= 0.6 m
Bx	= 0.6 m
Cx	= $(X1 - bx/2) + a = 0.9$ m
Z	= 1.2 m
h	= 0.7 m
Lx	= 2.4 m
dx	= $600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2)$ = 514 mm
dy	= $600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} -$ $(22 \text{ mm}/2)$ = 492 mm

Beban yang terjadi pada bidang pile cap yang ditinjau :

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{Berat } \textit{pile cap} \text{ pada bidang yang ditinjau} \\ &= H \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Beton} \\ &= 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 4.032 \text{ ton/m} = 4032 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{Berat tanah diatas bidang pile cap yang ditinjau} \\ &= H \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Tanah} \\ &= 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3 \\ &= 2.82 \text{ ton/m} = 2822.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang :

$$P_u = 39.45 \text{ ton} = 39450.473 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada pile cap :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= [(0.5 \times W_1 \times C_x^2) + (0.5 \times W_2 \times C_x^2)] \\ &\quad + (P_u \times X_1) \\ &= [(0.5 \times 4032 \times 0.92) + (0.5 \times 2822.4 \times 0.92)] + (39450.473 \times 0.6) \\ &= 20894.252 \text{ kg.m} = 208942520 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{208942520 \text{ N.mm}}{0.9} \\ &= 232158355.6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\ &= \frac{232158355.6}{1000 \times 514^2} \\ &= 0.879 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0.9 \times f_c'}$$

$$= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686$$

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

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,879}{400}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0022$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

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

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

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

$$\rho_b = 0,0325$$

$$\rho_{maks} = 0,85 \times \rho_b = 0,85 \times 0,0325 = 0,0244$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0022 < 0.024384375$$

Tidak Memenuhi

$$\rho_{perlu} = 0.0035$$

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

$$= 0.0035 \times 1000 \times 514$$

$$= 1799 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D22-100

$$As_{pasang} = (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S$$

$$= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100$$

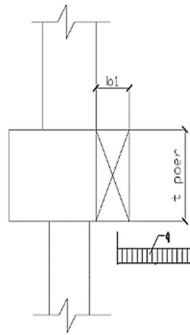
$$= 3799.4 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{Asperlu} \\ 3799.4 \text{ mm}^2 &\geq 1799.0 \text{ mm}^2 \quad \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan pile cap Arah X bagian bawah Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah. Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan pile cap X bagian atas

b. Penulangan *pile cap* arah Y



Be a bidang *pile cap* yang ditinjau :

Gambar 4. 81 Penulangan pile cap P3 arah Y yang

ditinjau

$$= H \text{ pile cap} \times t \text{ pile cap} \times \text{BJ Beton}$$

$$= 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$= 4.032 \text{ ton/m} = 4032 \text{ kg/m}$$

W_2 = Berat tanah diatas bidang *pile cap* yang ditinjau

$$= H \text{ pile cap} \times t \text{ pile cap} \times \text{BJ Tanah}$$

$$= 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3$$

$$= 2.82 \text{ ton/m} = 2822.4 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi pada *pile cap* :

$$M_u = -M_q + M_p$$

$$\begin{aligned}
&= [(0.5 \times W1 \times Cx2) + (0.5 \times W2 \times Cx2)] \\
&= [(0.5 \times 4032 \times 0.92) + (0.5 \times 2822.4 \times 0.92)] \\
&= 2776 \text{ kg.m} = 27760320 \text{ N.mm} \\
Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\
&= \frac{27760320 \text{ N.mm}}{0.9} \\
&= 30844800 \text{ N.mm}
\end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\
&= \frac{30844800}{1000 \times 492^2} \\
&= 0.217 \text{ N/mm}^2 \\
m &= \frac{fy}{0.9 \times fc'} \\
&= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686 \\
\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\
&= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 0.1274}{400}} \right) \\
&= 0.0003
\end{aligned}$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
\rho_{min} &= \frac{1.4}{fy} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \\
\rho_b &= \left(\frac{0.9 \times \beta_1 \times fc'}{fy} \right) \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
&= \left(\frac{0.9 \times 0.85 \times 30}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
&= 0.0325 \\
\rho_{maks} &= 0.8 \times \rho_b \\
&= 0.8 \times 0.03251 \\
&= 0.0244
\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\ 0.0035 &< 0.0003 < 0.0244 \\ \rho_{\min} &> \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} && \text{tidak memenuhi} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai = 0.0035

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= 0.0035 \\ \text{As perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0035 \times 1000 \times 492 \\ &= 1722 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D22-100

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= (0.25 \times \pi \times D2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100 \\ &= 3799.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{Asperlu} \\ 3799.4 \text{ mm}^2 &\geq 1722.0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan pile cap Arah Y bagian bawah

Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah.

Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan pile cap Y bagian atas

- Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$\begin{aligned} A1 &= \text{Luas Kolom} \\ &= 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 360000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A2 &= \text{Luas pile cap} \\ &= 2400 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm} \\ &= 5760000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N2

$$\begin{aligned}
 P_u &= 116.11 \text{ ton} = 1161.12 \text{ kN} \\
 N_1 &= \phi \times 0.85 \times f_c' \times A_1 \\
 &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \times 360000 \\
 &= 5967000 \text{ N} = 5967 \text{ kN} \\
 N_1 &> P_u \\
 5967 \text{ kN} &> 1161.12 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N_2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{5760000 \text{ mm}^2}{360000 \text{ mm}^2}} = 4$$

Namun, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.14.1

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2

$$\begin{aligned}
 N_2 &= \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \times N_1 \\
 &= 2 \times 5967 \text{ kN} \\
 &= 11934 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_2 &> N_1 \\
 11934 \text{ kN} &> 1161.12 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi. Namun, pada SNI 2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum

$$A_s \text{ Perlu} = 0.005 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 6 D22 dengan

$$A_s \text{ pakai} = 3799.4 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ perlu}$$

$$3799.4 \text{ mm}^2 \geq 1800 \text{ mm}^2 \mathbf{Memenuhi}$$

- Panjang Penyaluran Tulangan

Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.4 untuk panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar di antara:

$$\begin{aligned}\lambda_{dc1} &= \frac{0.2 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c}} = \frac{0.2 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} = 175.27 \text{ mm} \\ \lambda_{dc1} &= 0.043 \times d_b \times f_y \\ &= 0.043 \times 22 \times 400 \\ &= 378.4 \text{ mm}\end{aligned}$$

λ_{dc} yang digunakan adalah $378.4 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

$$\lambda_{dc} = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

dimana

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

L = faktor beton ringan, $l = 1$ untuk beton normal

d_b = diameter tulangan

maka

$$\begin{aligned}\lambda_{dc} &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22 \\ &= 945.09 \text{ mm} \approx 950 \text{ mm}\end{aligned}$$

- Tulangan Susut

Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan menggunakan tulangan susut atau suhu

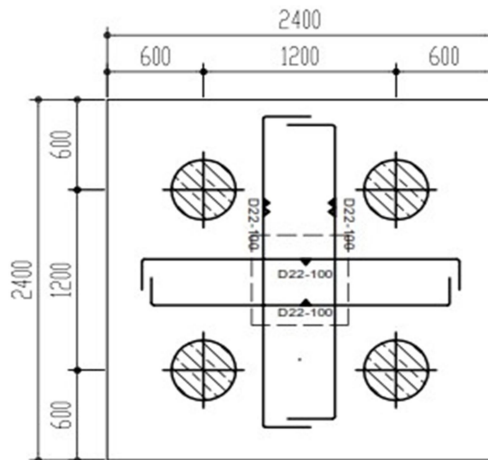
$$\begin{aligned}\text{Asperlu} &= 0.0018 \times B \text{ pile cap} \times \text{tebal pile cap} \\ &= 0.0018 \times 2400 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 3024 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Sehingga tulangan yang digunakan adalah

Ø14-100

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 14^2 \times 2400) / 100 \\ &= 3692.64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan dan jarak untuk tulangan arah sebaliknya memiliki hasil yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah yang simetris



Gambar 4. 82 Rencana Dimensi Pile Cap P3

4.5.4.4. Perencanaan Pondasi *Pile cap* P4

A. Data Perencanaan

Data perencanaan

Berat Jenis Beton = 2.4 t/m³

Lebar kolom = 600 mm

Diameter tiang bor = 40 cm

Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa

Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa

Tulangan utama = 22 mm

Tulangan susut	= 14	mm
Tebal <i>Pile cap</i>	= 700	mm
Tebal selimut beton	= 75	mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

B. Perencanaan Dimensi *pile cap*

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa - Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)" menyebutkan bahwa :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 3D$$

$$S \geq 3 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 120 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S = 120 \text{ cm}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi *pile cap* (S')

$$S' \geq 1.5 D$$

$$S' \geq 1.5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi *pile cap* didapatkan dari jumlah perhitungan jarak antar tiang dan perhitungan jarak antar tiang pancang ke *pile cap* :

$$B \text{ pile cap} = 2 \cdot S' + 1 \cdot S$$

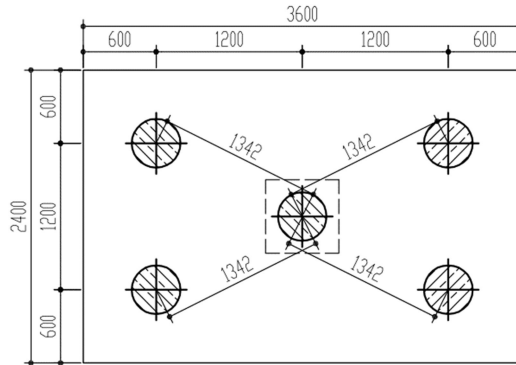
$$= 2 \times 60 + 2 \times 120 = 360 \text{ cm} = 3.6 \text{ m}$$

$$H \text{ pile cap} = 2 \cdot S' + 1 \cdot S$$

$$= 2 \times 60 + 1 \times 120 = 240 \text{ cm} = 2.4 \text{ m}$$

C. Tebal *pile cap*

tebal rencana dari *pile cap* adalah 0.7 m



Gambar 4. 83 Rencana Dimensi Pile Cap P4

- Gaya yang terjadi pada pondasi
Dari program bantu SAP2000 diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 23 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 43 Gaya gaya yang terjadi pada joint 23

Kombinasi Beban	Joint 23		
	P (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	188.92	6.15	5.88
1D + 1L + 1 Ex	199.76	6.86	6.59
1D + 1L + 1 Ey	199.76	6.86	6.59

- Pengecekan Ulang Kebutuhan *Pile*
 Berat *pile cap* = Volume *pile cap* x BJ beton
 $= 3.6 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3$
 $= 14.52 \text{ ton}$
 Berat Tanah = Dimensi pc x tebal pc x BJ tanah
 $= 3.6 \text{ m} \times 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.7 \text{ t/m}^3$
 $= 10.16 \text{ ton}$
 Berat *pile* = Berat *pile* x kedalaman x n
 $= 0.2 \text{ ton} \times 24 \text{ m} \times 4$
 $= 18.336 \text{ ton}$

P akibat beban pondasi

Berat <i>pile cap</i>	=	14.52 ton
Berat tanah di atas <i>pile cap</i>	=	10.77 ton
P aksial	=	199.76 ton
P total	=	224.44 ton

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang pancang } (n_p) &= \frac{Pu \text{ total}}{Q \text{ all}} \\ &= \frac{224.4}{57.9} = 3.9 \approx 5 \end{aligned}$$

Dengan P_u total adalah beban setelah ditambah beban sendiri *pile cap*. Untuk tiang yang digunakan 5 tiang

- Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang
Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus *Converse-Labbarre* dari *Uniform Building Code AASHTO* adalah :

$$\eta = 1 - \tan \frac{D}{s} \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right)$$

Keterangan :

m = Jumlah tiang dalam satu kolom	=	3
n = Jumlah tiang dalam satu baris	=	3
D = Diameter tiang	=	0.4 m
s = Jarak antar sumbu as tiang pancang	=	1.2 m

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \tan \frac{0.4}{1.2} \left(\frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \times 3 \times 3} \right) \\ &= 0.932886664 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi (η) didapatkan sebesar 0.932886664

- Cek Daya Dukung ijin *pile* Berdasarkan Efisiensi
Berdasarkan perhitungan di atas daya dukung kelompok tiang adalah

$$P_{\text{ijin kelompok}} = \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times n$$

$$= 0.932886664 \times 57.9 \times 4$$

$$= 270.1 \text{ ton}$$

Cek daya dukung

$$\eta \times P \text{ tiang} \times n > P \text{ total}$$

$$0.932886664 \times 57.9 \times 4 > 224.44 \text{ ton}$$

$$270.1 \text{ ton} > 224.44 \text{ ton} \quad \mathbf{O.K}$$

- Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok akan dihitung berdasarkan beban paling maksimal dan rumusnya adalah sebagai berikut :

$$P_u = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X}{a \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y}{b \sum y^2}$$

Keterangan

a = Banyaknya tiang dalam satu kolom

b = Banyaknya tiang dalam satu baris

Dengan nilai perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat sebagai berikut :

Pengaruh jarak X dan Y

X = Jarak As kolom ke as pondasi arah x

Y = Jarak As kolom ke as pondasi arah y

Tabel 4. 44 Perhitungan Jarak Arah X dan Y

No	x (m)	x ² (m ²)	y (m)	y ² (m ²)
1	-1.2	1.44	0.6	0.36
2	1.2	1.44	0.6	0.36
3	0	0	0	0
4	-1.2	1.44	-0.6	0.36
5	1.2	1.44	-0.6	0.36
	$\sum x^2$	2.88	$\sum y^2$	0.72

P Akibat pengaruh beban
 Gaya akibat pengaruh kombinasi
 $1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey$:
 $P = 199.76 \text{ ton}$
 $M_x = 6.86 \text{ ton}$
 $M_y = 6.59 \text{ ton}$

$P = 199.76 \text{ ton}$
 Berat pile cap = 14.52 ton
 Berat tanah = 10.16 ton
 $\Sigma P = 224.44 \text{ ton}$

Maka

$$P_{maks} = \frac{224.44}{5} + \frac{6.59 \times 1.2}{2 \times 0.7} + \frac{6.86 \times 0.6}{5 \times 0.7}$$

$$= 51.52 \text{ ton}$$

$$P_{min} = \frac{224.44}{5} - \frac{6.59 \times 0.6}{2 \times 0.7} - \frac{6.86 \times 0.6}{5 \times 0.7}$$

$$= 41 \text{ ton}$$

Gaya akibat pengaruh kombinasi $1D + 1L$:

$M_x = 6.15 \text{ ton}$
 $M_y = 5.88 \text{ ton}$
 $\Sigma P = 213.59 \text{ ton}$

Maka

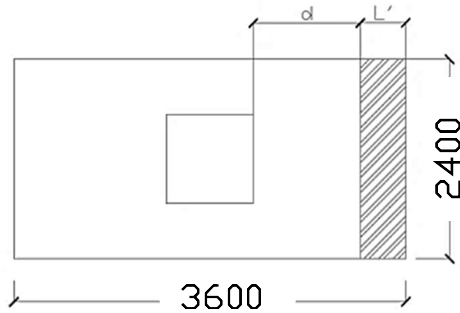
$$P_{maks} = \frac{213.59}{5} + \frac{5.9 \times 0.6}{2 \times 0.7} + \frac{6.2 \times 0.6}{5 \times 0.7}$$

$$= 46.19 \text{ ton}$$

$$P_{min} = \frac{213.59}{5} - \frac{5.88 \times 0.6}{2 \times 0.7} - \frac{6.2 \times 0.6}{5 \times 0.7}$$

$$= 39.24 \text{ ton}$$

- Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada *pile cap* Akibat Kolom



Gambar 4. Geser satu arah pada pile cap akibat kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur

maka tinggi efektif *pile cap* adalah :

$$\begin{aligned} d &= t \text{ pile cap} - \text{tebal selimut} - (\text{Øpile cap}/2) \\ &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2) \\ &= 592 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor yang didapatkan dari program bantu analisi SAP2000 pada kombinasi (1D + 1L + 1Ex) adalah

$$P_u = 199.76 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Q_u &= \frac{P_u}{B \times H} = \frac{199.76 \text{ ton}}{3.6 \text{ m} \times 2.4 \text{ m}} = 23.121 \text{ ton/m}^2 \\ &= 0.2312 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada *pile cap*, V_u :

$$\begin{aligned} L' &= \text{Daerah pembebanan yang diperhitungkan} \\ &\quad \text{untuk geser penulangan satu arah} \\ &= (0.5 \times B) - (0.5 \times b \text{ kolom}) - d \\ &= (0.5 \times 3600 \text{ mm}) - (0.5 \times 600 \text{ mm}) - 592 \text{ mm} \\ &= 908 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 V_u &= Q_u \times H \text{ pile cap} \times L' \\
 &= 0.2312 \text{ N/mm}^2 \times 2400 \text{ mm} \times 908 \text{ mm} \\
 &= 503846.7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

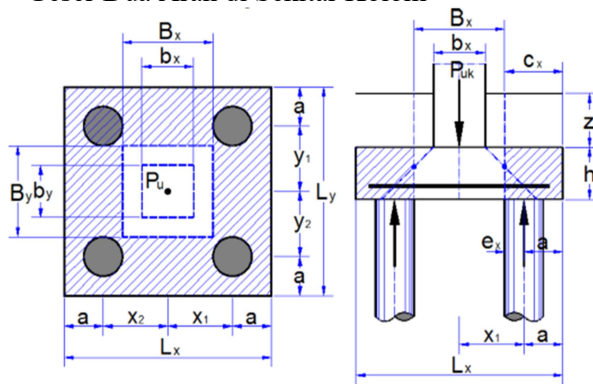
Gaya geser yang mampu diipikul oleh beton, V_c :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.2 \times \sqrt{f'c'} \times B \text{ pile cap} \times 4 \\
 &= 0.2 \times \sqrt{30} \times 3600 \times 592 \\
 &= 1984420.73 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &> V_u \\
 0.8 \times 1984420.73 &> 503846.7 \\
 1488315.55 \text{ N} &> 503846.7 \text{ N OK}
 \end{aligned}$$

- Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada *pile cap* Akibat Kolom dan Tiang Pancang
- a. Geser Dua Arah di Sekitar Kolom



Gambar 4. 84 Geser Dua Arah di Sekitar Kolom

Apabila digunakan tulangan D22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif *pile cap* adalah :

$$\begin{aligned}
 d &= t \text{ pile cap} - \text{tebal selimut} - \phi \text{ pile cap} \\
 &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\
 &= 603 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Daerah kritis berada pada jarak $d/2$ dari muka kolom

$$\frac{d}{2} = \frac{603 \text{ mm}}{2} = 301.5 \text{ mm}$$

Sehingga dimensi area kritis :

$$\begin{aligned} B_x &= B_y = b_x + b \\ &= 600 \text{ mm} + 603 \text{ mm} \\ &= 1203 \text{ mm} \\ b_0 &= 2 (B_x + B_y) \\ &= 2 (1203 \text{ mm} + 1203 \text{ mm}) \\ &= 4812 \text{ mm} \\ L_x &= 3600 \text{ mm} \\ L_y &= 2400 \text{ mm} \\ A_t &= (L_x \times L_y) - (B_x \times B_y) \\ &= (3600 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm}) - (1203 \text{ mm} \times \\ &\quad 1203 \text{ mm}) \\ &= 7192791 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan

$$\beta_c = \frac{L_x}{L_y} = \frac{3600 \text{ mm}}{2400 \text{ mm}} = 1.5 \text{ mm}$$

Beban terfaktor yang dipikul kolom

$$\begin{aligned} V_u &= P \text{ kolom} \\ &= 1999.17 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$V_{c1} = 0.2 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{2}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\ &= 6304189.58 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0.083 \times \left(\frac{a_s \times d}{b_0} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_0 \times d$$

Dimana :

$$\alpha_s = 40 \text{ (untuk kolom tengah)}$$

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi)}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (untuk kolom sudut)}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0.083 \times \left(\frac{30 \times 603}{4812} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times \\ &4812 \times 603 \\ &= 7597229.475 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_{c'}} \times b_0 \times d \\ &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\ &= 5244661.92 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu :

$$V_{c1} = 6304189.58 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 7597229.475 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 5244661.92 \text{ N}$$

$$\text{Didapat } V_{c \text{ min}} = 5244661.92 \text{ N}$$

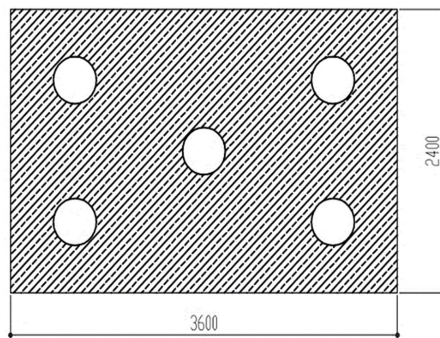
Kontrol

$$\phi V_c > V_u$$

$$0.8 \times 5244661.92 > 1889170 \text{ N}$$

$$3933496.44 \text{ N} > 1889170 \text{ N} \quad \text{OK}$$

b. Geser Dua Arah di Sekitar Tiang Pancang



Gambar 4. 85 Geser Dua Arah di Sekitar Pancang

Beban terpusat terbesar pada tiang pancang yaitu :

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_{\text{kolom}} \\
 &= 51.52 \text{ ton} \\
 &= 515.2277 \text{ kN} \\
 b_o &= 2 (600 + (b_x/2) + (d/2)) \\
 &= 2 \times (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}/2 + \\
 &\quad 603 \text{ mm}/2) \\
 &= 2403 \text{ mm} \\
 \lambda &= 1 \text{ (Untuk beton normal)}
 \end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{\beta_c}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 V_{c1} &= 0.2 \times \left(\frac{1+2}{2}\right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\
 &= 3148164.497 \text{ N} \\
 V_{c2} &= 0.083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d
 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \alpha_s &= 40 \text{ (untuk kolom tengah)} \\
 \alpha_s &= 30 \text{ (untuk kolom tepi)} \\
 \alpha_s &= 20 \text{ (untuk kolom sudut)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0.083 \times \left(\frac{30 \times 603}{2403} + 2\right) \times \lambda \times \sqrt{30} \times \\
 &\quad 2403 \times 603 \\
 &= 6276472.76 \text{ N} \\
 V_{c3} &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\
 &= 2619061.221 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 3148164.497 \text{ N} \\ V_{c2} &= 6276472.76 \text{ N} \\ V_{c3} &= 2619061.221 \text{ N} \\ \text{Didapat } V_c \text{ min} &= 2619061.221 \text{ N} \end{aligned}$$

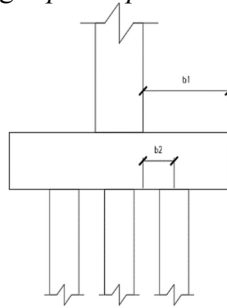
Kontrol

$$\begin{aligned} \phi V_c &> V_u \\ 0.8 \times 2619061.221 &> 515228 \text{ N} \\ 1964295.92 \text{ N} &> 515228 \text{ N OK} \end{aligned}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur *pile cap*
 Pada perencanaan tulangan lentur pada *pile cap*, nantinya *pile cap* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang, berat sendiri *pile cap* dan berat tanah di atas *pile cap*. Dengan diketahui data perencanaan sebagai berikut :

Data Perencanaan

$$\begin{aligned} B \text{ pile cap} &= 3600 \text{ mm} \\ H \text{ pile cap} &= 2400 \text{ mm} \\ t \text{ pile cap} &= 700 \text{ mm} \\ \text{tebal selimut} &= 75 \text{ mm} \\ \text{Ørencana} &= 22 \text{ mm} \\ \text{Faktor } \beta_1 &= 0.85 \\ \text{Faktor reduksi kekuatan lentur} &= 0.9 \\ \text{bkolom} = \text{hkolom} &= 60 \text{ mm} \\ f_{c'} &= 30 \text{ Mpa} \\ f_y &= 400 \text{ Mpa} \\ \text{BJ Beton} &= 2.4 \text{ t/m}^3 \\ \text{BJ tanah} &= 1.68 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

a. Penulangan *pile cap* arah X

Gambar 4. 86 Sketsa Pilecap

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a &= 0.6 \text{ m} \\
 X_1 &= 1.2 \text{ m} \\
 B_x &= 0.6 \text{ m} \\
 C_x &= (X_1 - b_x/2) + a = 1.5 \text{ m} \\
 Z &= 1.2 \text{ m} \\
 h &= 0.7 \text{ m} \\
 L_x &= 3.6 \text{ m} \\
 dx &= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2) = 514 \text{ mm} \\
 dy &= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2) = 492 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Beban yang terjadi pada bidang *pile cap* yang ditinjau :

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \text{Berat } \textit{pile cap} \text{ pada bidang yang ditinjau} \\
 &= H \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Beton} \\
 &= 3.6 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\
 &= 6.048 \text{ ton/m} = 6048 \text{ kg/m} \\
 W_2 &= \text{Berat tanah di atas bidang } \textit{pile cap} \text{ yang ditinjau}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= H \text{ pile cap} \times t \text{ pile cap} \times \text{BJ Tanah} \\
 &= 2.4 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3 \\
 &= 2.82 \text{ ton/m} = 2822.4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang :

$$P_u = 51.52 \text{ ton} = 51522.768 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada *pile cap* :

$$\begin{aligned}
 M_u &= -M_q + M_p \\
 &= [(0.5 \times W_1 \times C_x2) + (0.5 \times W_2 \times C_x2)] \\
 &\quad + (P_u \times X_1) \\
 &= [(0.5 \times 6048 \times 1.52) + (0.5 \times 2822.4 \times 1.52)] + (51522.768 \times 1.2) \\
 &= 51848.1216 \text{ kg.m} = 518481216 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{518481216 \text{ N.mm}}{0.9} \\
 &= 576090240 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{576090240}{1000 \times 514^2} \\
 &= 0.879 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.9 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 2.181}{400}} \right) \\
 &= 0.0057
 \end{aligned}$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \\ \rho_b &= \left(\frac{0.9 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600+} \right) \\ &= \left(\frac{0.9 \times 0.85 \times 30}{400} \right) \left(\frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0.0325 \\ \rho_{min} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.03251 \\ &= 0.0244 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \\ 0.0035 &< 0.0057 < 0.0244 \\ \rho_{min} &< \rho_{perlu} < \rho_{max} \end{aligned}$$

Memenuhi

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$$\begin{aligned} \rho_{perlu} &= 0.0057 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0057 \times 1000 \times 514 \\ &= 2933.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D22-100

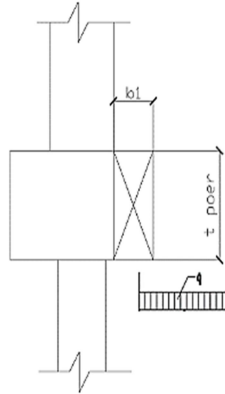
$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100 \\ &= 3799.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &\geq A_s \text{ perlu} \\ 3799.4 \text{ mm}^2 &\geq 2933.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Memenuhi

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan *pile cap* Arah X bagian bawah Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah. Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan *pile cap* X bagian atas

b. Penulangan *pile cap* arah Y

Gambar 4. 87 Sketsa Pile Cap

Beban yang terjadi pada bidang *pile cap* yang ditinjau :

W_1 = Berat *pile cap* pada bidang yang ditinjau

$$= B \text{ pile cap} \times t \text{ pile cap} \times \text{BJ Beton}$$

$$= 3.6 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3$$

$$= 6.048 \text{ ton/m} = 6048 \text{ kg/m}$$

W_2 = Berat tanah diatas bidang *pile cap* yang ditinjau

$$= B \text{ pile cap} \times t \text{ pile cap} \times \text{BJ Tanah}$$

$$= 3.6 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3$$

$$= 4.23 \text{ ton/m} = 4233.6 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi pada *pile cap* :

$$M_u = -M_q + M_p$$

$$= [(0.5 \times W_1 \times C_x2) + (0.5 \times W_2 \times C_x2)]$$

$$= [(0.5 \times 6048 \times 1.52) + (0.5 \times 4233.6 \times 1.52)]$$

$$= 11567 \text{ kg.m} = 115668000 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{115668000 \text{ N.mm}}{0.9} \\
 &= 128520000 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{128520000}{1000 \times 492^2} \\
 &= 0.531 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.9 \times f_c} \\
 &= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 0.5309}{400}} \right) \\
 &= 0.0013
 \end{aligned}$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0.9 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600+} \right) \\
 &= \left(\frac{0.9 \times 0.85 \times 30}{400} \right) \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
 &= 0.0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0.8 \times \rho_b \\
 &= 0.8 \times 0.03251 \\
 &= 0.0244
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\
 0.0035 &< 0.0013 < 0.02438 \\
 \rho_{\text{min}} &> \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}
 \end{aligned}$$

Tidak memenuhi

Sehingga dipakai = 0.0035

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$\rho_{\text{perlu}} = 0.0035$

As perlu = $\rho \times b \times d$

$$= 0.0035 \times 1000 \times 492$$

$$= 1722 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D22-100

As pasang = $(0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S$

$$= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100$$

$$= 3799.4 \text{ mm}^2$$

Kontrol

As pasang \geq Asperlu

3799.4 mm² \geq 1722.0 mm²
memenuhi

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan pile cap Arah Y bagian bawah

Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah.

Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan pile cap Y bagian atas

- Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi
 $A_1 = \text{Luas Kolom} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 360000 \text{ mm}^2$
 $A_2 = \text{Luas pile cap} = 3600 \text{ mm} \times 2400 \text{ mm} = 8640000 \text{ mm}^2$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N_2

$$P_u = 199.76 \text{ ton} = 1997.63 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 N1 &= \phi \times 0.85 \times f_c' \times A1 \\
 &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \times 360000 \\
 &= 5967000 \text{ N} = 5967 \text{ kN} \\
 N1 &> Pu \\
 5967 \text{ kN} &> 1997.63 \text{ kN} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, $N2$

$$\sqrt{\frac{A2}{A1}} = \sqrt{\frac{8640000 \text{ mm}^2}{360000 \text{ mm}^2}} = 4.89$$

Namun, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.14.1

$\sqrt{\frac{A2}{A1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2

$$\begin{aligned}
 N2 &= \sqrt{\frac{A2}{A1}} \times N1 \\
 &= 2 \times 5967 \text{ kN} \\
 &= 11934 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N2 &> N1 \\
 11934 \text{ kN} &> 1997.63 \text{ kN} \quad \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi. Namun, Pada SNI 2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum
 As Perlu = $0.005 \times 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 1800 \text{ mm}^2$

Maka dipakai tulangan 6 D22 dengan
 As pakai = 3799.4 mm^2
 As pasang \geq Asperlu \rightarrow **Memenuhi**

Panjang Penyaluran Tulangan

Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.4 untuk panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar di antara:

$$\lambda_{dc1} = \frac{0.2 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c}} = \frac{0.2 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} = 175.27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{dc1} &= 0.043 \times d_b \times f_y \\ &= 0.043 \times 22 \times 400 \\ &= 378.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

λ_{dc} yang digunakan adalah $378.4 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

$$\lambda_{dc} = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

L = faktor beton ringan, $l = 1$ untuk beton normal

d_b = diameter tulangan

maka

$$\begin{aligned} \lambda_{dc} &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22 \\ &= 945.09 \text{ mm} \approx 950 \text{ mm} \end{aligned}$$

1. Tulangan Susut

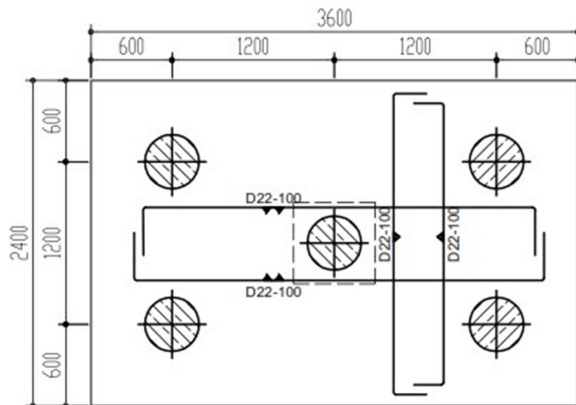
Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan menggunakan tulangan susut atau suhu

$$\begin{aligned} \text{Asperlu} &= 0.0018 \times b \times \text{tebal pile cap} \\ &= 0.0018 \times 3600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 4536 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan yang digunakan adalah
 $\text{Ø}14-100$

$$\begin{aligned}\text{Aspasang} &= (0.25 \times \pi \times D_2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 14^2 \times 3600) / 100 \\ &= 5539 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Diameter tulangan dan jarak untuk tulangan arah sebaliknya memiliki hasil yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah yang simetris



Gambar 4. 88 Sketsa Rencana Dimensi Pile Cap P4

4.5.4.5. Perencanaan Pondasi *Pile cap* P5

- A. Data perencanaan
- Berat Jenis Beton = 2,4 t/m³
 - Lebar kolom = 600 mm
 - Diameter tiang bor = 40 cm
 - Kuat tekan beton (f_c') = 30 Mpa
 - Kuat leleh tulangan lentur (f_y) = 400 Mpa
 - Tulangan utama = 22 mm
 - Tulangan susut = 14 mm
 - Tebal *Pile cap* = 700 mm
 - Tebal selimut beton = 75 mm

(SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1)

B. Perencanaan Dimensi *Pile cap*

Pada perencanaan pondasi tiang pancang dalam menghitung jarak antar tiang pancang (S) menurut buku "Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa - Jilid 2 (Karl Terzaghi dan Ralph B.Peck)" menyebutkan bahwa :

- Perhitungan jarak antar tiang pancang (S)

$$S \geq 3 D$$

$$S \geq 3 \times 40 \text{ cm}$$

$$S \geq 120 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S = 180 \text{ cm}$

- Perhitungan jarak antar tiang pancang ke tepi *Pile cap* (S')

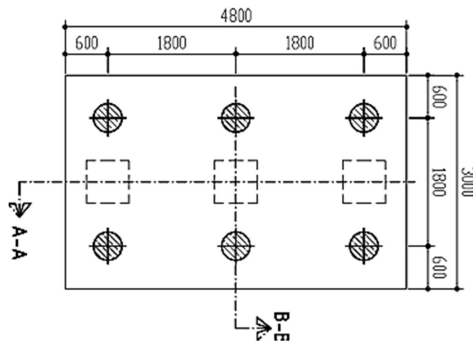
$$S' \geq 1,5 D$$

$$S' \geq 1,5 \times 40 \text{ cm}$$

$$S' \geq 60 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan adalah jarak $S' = 60 \text{ cm}$

Sehingga dimensi *Pile cap* yang direncanakan adalah



Gambar 4. 89 Rencana Pilecap P5

- Gaya yang terjadi pada pondasi
Dari program bantu SAP 2000 diketahui gaya-gaya yang terjadi pada joint 82,101 dan 107 adalah
Tabel 4. 45 Rekapitulasi Gaya yang Terjadi pada Pondasi Joint 82, 101 dan 107

Kombinasi Beban	Joint 82		
	P ₁ (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	64.23	6.15	5.88
1D + 1L + 1 Ex	69.58	6.86	6.59
1D + 1L + 1 Ey	69.58	6.86	6.59

Kombinasi Beban	Joint 101		
	P ₂ (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	62.50	6.15	5.88
1D + 1L + 1 Ex	65.87	6.86	6.59
1D + 1L + 1 Ey	65.87	6.86	6.59

Kombinasi Beban	Joint 107		
	P ₃ (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	35.02	6.15	5.88
1D + 1L + 1 Ex	36.79	6.86	6.59
1D + 1L + 1 Ey	36.79	6.86	6.59

- Eksentrisitas Pondasi
Pondasi gabungan memerlukan nilai eksentrisitas yang dihitung dari jumlah kolom yang ditumpu pondasi, Sehingga perlu dicari nilai eksentrisitas untuk masing-masing beban yang terjadi
Jarak antar kolom = 0,9 m
Karena Beban $P_2 < P_1 > P_3$ maka rumus eksentrisitas dihitung sebagai berikut

$$x = \frac{P_1 \times 0.9 \text{ m}}{P_1 + P_2 + P_3}$$

$$e = \frac{0.9 \text{ m}}{2} - x$$

Sehingga didapatkan rekapitulasi nilai eksentrisitas untuk masing-masing beban dengan tabel berikut :

Tabel 4. 46 Rekapitulasi Nilai Eksentrisitas

Kombinasi Beban	Nilai	
	x	e
1D + 1L	0.363574083	0.08642592
1D + 1L + 1 Ex	0.357384853	0.09261515
1D + 1L + 1 Ey	0.357384853	0.09261515

- Gaya dan Momen Akhir Pondasi
Hasil dari rekapitulasi nilai eksentrisitas dapat digunakan untuk menghitung gaya dan momen akhir pondasi gabungan dengan rumus sebagai berikut :

$$\sum P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$\sum M_x = M_{x1} + M_{x2} + M_{x3} + (\sum P \times e)$$

$$\sum M_y = M_{y1} + M_{y2} + M_{y3}$$

Sehingga dapat dihitung dengan ms.excel dan didapatkan tabel rekapitulasi berikut ini

Tabel 4. 47 Rekapitulasi Gaya dan Momen Akhir
Pondasi P5

Kombinasi Beban	P (ton)	Mx (ton-m)	My (ton-m)
1D + 1L	166.89	37.16	36.35
1D + 1L + 1 Ex	172.24	35.47	34.66
1D + 1L + 1 Ey	172.24	35.47	34.66

- Pengecekan Ulang Kebutuhan *Pile*

$$\begin{aligned} \text{Berat } Pile \text{ cap} &= \text{volume pile cap} + \text{BJ Beton} \\ &= 0.7 \text{ m} + 4.8 \text{ m} + 3 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 24.19 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Tanah} &= \text{Dimensi pc} \times \text{tebal pc} \times \text{BJ tanah} \\ &= 16.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat } Pile \text{ cap} &= \text{Berat Pile} + \text{Kedalaman} \times n \\ &= 0.2 \text{ ton} \times 24 \text{ m} \times 4 \\ &= 18.336 \end{aligned}$$

P akibat beban pondasi

$$\text{Berat pile cap} = 24,19 \text{ ton}$$

$$\text{Berat tanah di atas pile cap} = 16,93 \text{ ton}$$

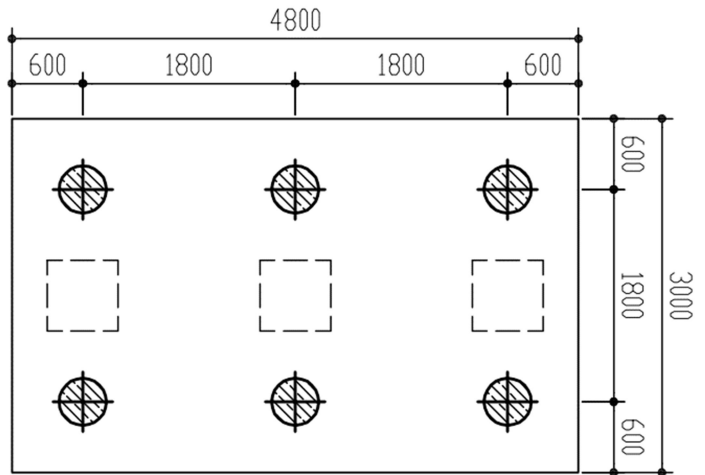
$$\text{P aksial} = \frac{172,24 \text{ ton}}{4} +$$

$$\text{P total} = 213,37 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang} &= \frac{P_u \text{ total}}{Q_{\text{all}}} = \frac{213.4}{57.9} = 3.7 \approx 6 \\ \text{Pancang } (n_{tp}) & \end{aligned}$$

Dengan P_u total adalah beban setelah ditambah beban sendiri pile cap. Untuk tiang yang digunakan dalam perencanaan ini berjumlah 6 tiang

- Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Pancang



Gambar 4. 90 Rencana Pondasi P5

Perhitungan efisiensi kelompok tiang berdasarkan rumus Converse-Labbarre dari Uniform Building Code AASHTO adalah :

$$\eta = 1 - \text{Tan} \frac{D}{s} \left(\frac{(n - 1) m + (m - 1) n}{90 m n} \right)$$

Keterangan

m = Jumlah tiang dalam satu kolom = 3

n = Jumlah tiang dalam satu baris = 2

D = Diameter tiang = 0,4 m

s = Jarak antar sumbu as tiang pancang = 1,8 m

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \text{Tan} \frac{0.4}{1.8} \left(\frac{(2 - 1) 3 + (3 - 1) 2}{90 \times 3 \times 2} \right) \\ &= 0.991091265 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi (η) didapatkan sebesar 0,99109127

- Cek Daya Dukung ijin pile Berdasarkan Efisiensi Berdasarkan perhitungan di atas daya dukung kelompok tiang adalah

$$\begin{aligned} P_{\text{ijin kelompok}} &= \eta \times P_{\text{ijin tanah}} \times n \\ &= 0,991091265 \times 57,9 \times 6 \\ &= 216,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

- Cek daya dukung

$$\begin{aligned} \eta \times P_{\text{tiang}} \times n &> P_{\text{total}} \\ 0,991091265 \times 57,9 \times 6 &> 213,37 \text{ ton} \\ 216,5 \text{ ton} &> 213,37 \text{ ton} \end{aligned}$$

OK

- Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok akan dihitung berdasarkan beban paling maksimal dan rumusnya adalah sebagai berikut :

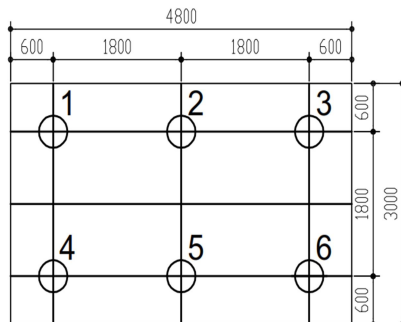
$$P_u = \sum P \pm M_y \cdot X \pm M_x \cdot Y$$

$$n \quad a. \sum x^2 \quad b. \sum y^2$$

Keterangan ;

a = Banyaknya tiang dalam satu kolom

b = Banyaknya tiang dalam satu baris



Gambar 4. 91 Rencana Posisi Pilecap

Pengaruh jarak X dan Y

X = Jarak As kolom ke as pondasi arah x

Y = Jarak As kolom ke as pondasi arah y

Tabel 4. 48 Perhitungan jarak tiang pancang dengan titik pusat

No	x (m)	x ² (m ²)	y (m)	y ² (m ²)
1	-1.8	3.24	0.9	0.81
2	0	0	0.9	0.81
3	1.8	3.24	0.9	0.81
4	-1.8	3.24	-0.9	0.81
5	0	0	-0.9	0.81
6	1.8	3.24	-0.9	0.81
	$\sum x^2$	3.24	$\sum y^2$	1.62

P akibat pengaruh beban tetap

Gaya akibat pengaruh kombinasi 1D + 1L :

$$P = 172.24 \text{ ton}$$

$$M_x = 35.47 \text{ ton}$$

$$M_y = 34.66 \text{ ton}$$

$$P = 172.24 \text{ ton}$$

$$\text{Berat pile cap} = 24.19 \text{ ton}$$

$$\text{Berat tanah} = \frac{16.93}{6} \text{ ton} +$$

$$\sum P = 213.37 \text{ ton}$$

Maka :

$$P_{\text{maks}} = \frac{213.37}{6} + \frac{34.7}{3} \times \frac{1.8}{3.24} + \frac{35.5}{2} \times \frac{0.9}{1.62}$$

$$= 41.98 \text{ ton}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{213.37}{6} - \frac{34.7}{3} \times \frac{1.8}{3.24} - \frac{35.5}{2} \times \frac{0.9}{1.62}$$

$$= 29.14 \text{ ton}$$

Gaya akibat pengaruh kombinasi 1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey:

$$M_x = 33.43 \text{ ton}$$

$$M_y = 32.62 \text{ ton}$$

$$\sum P = 202.88 \text{ ton}$$

maka

$$P_{\text{maks}} = \frac{202.88}{6} + \frac{32.6 \times 1.8}{3 \times 3.24} + \frac{33.4 \times 0.9}{2 \times 1.62}$$

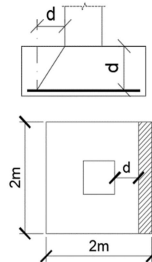
$$P_{\text{min}} = \frac{202.88}{6} - \frac{32.6 \times 1.8}{3 \times 3.24} - \frac{33.4 \times 0.9}{2 \times 1.62}$$

$$= 27.77 \text{ ton}$$

Tabel 4. 49 Kombinasi Beban

Kombinasi Beban	Pu max (ton)	Pu min (ton)	P _{ijin} (ton)	CEK
				(Pu < P _{ijin})
1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey	41.98	29.14	216.5	OK
1D + 1L + 1Exy + 0.3Ex	41.98	29.14	216.5	OK
1D + 1L	41.40	27.94	216.5	OK

- Cek Perhitungan Geser Satu Arah pada Poer Akibat Kolom



Gambar 4. 92 Rencana Tebal Efektif Pilecap

Apabila digunakan tulangan D 22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif pile cap adalah :

$$d = t \text{ pilecap} - \text{tebal selimut} - \varnothing \text{pilecap} - \varnothing \text{pilecap}/2$$

$$= 700\text{mm} - 75\text{mm} - 22\text{mm} - (22\text{mm}/2)$$

$$= 592 \text{ mm}$$

Beban terpusat terbesar kolom akibat beban terfaktor yang didapatkan dari program bantu analisis SAP2000 pada kombinasi (1D + 1L) adalah

$$P_u = 172.24 \text{ ton}$$

$$Q_u = \frac{P_u}{B \times H} = \frac{172.24 \text{ ton}}{4.8 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 11.961 \text{ ton/m}^2$$

$$= 0.1196 \text{ N/mm}^2$$

Gaya geser yang terjadi pada poer, V_u :

$$L' = \text{Daerah pembebanan yang diperhitungkan untuk geser penulangan satu arah}$$

$$= (0.5 \times B) - (0.5 \times b_{\text{kolom}}) - d$$

$$= (0.5 \times 4800) - (0.5 \times 600 \text{ mm}) - 592 \text{ mm}$$

$$= 1508 \text{ mm}$$

maka

$$V_u = Q_u \times H \times L'$$

$$= 0.1196 \text{ N/mm}^2 \times 3000 \text{ mm} \times 1508 \text{ mm}$$

$$= 541120.67 \text{ N}$$

Gaya geser yang mampu diipikul oleh beton, V_c :

$$V_c = 0.17 \times \sqrt{f_c'} \times B \times d$$

$$= 0.17 \times \sqrt{30} \times 4800 \times 592$$

$$= 2645894.313 \text{ N}$$

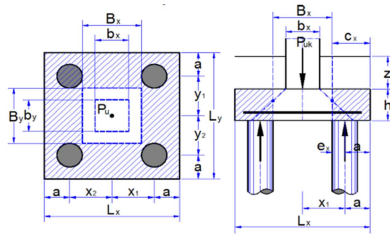
Kontrol

$$\phi V_c > V_u$$

$$0.75 \times 2645894.313 > 541120.67$$

$$1984420.73 \text{ N} > 541120.67 \text{ N} \quad \text{OK}$$

- Cek Perhitungan Geser Dua Arah pada Poer Akibat Kolom dan Tiang Pancang
 - a. Geser Dua Arah di Sekitar Kolom



Gambar 4. 93 Sketsa Pondasi Pile Cap

Apabila digunakan tulangan D 22 untuk tulangan lentur maka tinggi efektif poer adalah :

$$\begin{aligned} d &= t_{\text{poer}} - \text{tebal}_{\text{selimut}} - \varnothing_{\text{poer}} \\ &= 700 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} \\ &= 603 \text{ mm} \end{aligned}$$

Daerah kritis berada pada jarak $d/2$ dari muka kolom :

$$\frac{d}{2} = \frac{603 \text{ mm}}{2} = 302 \text{ mm}$$

Sehingga, dimensi area kritis :

$$\begin{aligned} B_x &= B_y = b_x + d \\ &= 600 \text{ mm} + 603 \text{ mm} \\ &= 1203 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (B_x + B_y) \\ &= 2 \times (1203 \text{ mm} + 1203 \text{ mm}) \\ &= 4812 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_x = 4800 \text{ mm}$$

$$L_y = 3000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \beta c &= \frac{L_x}{L_y} \\ &= \frac{4800 \text{ mm}}{3000 \text{ mm}} \\ &= 1.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_t &= (L_x \times L_y) - (B_x \times B_y) \\
 &= (4800 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm}) - (1203 \times 1203) \text{ mm} \\
 &= 12952791 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan

- Beban terfaktor yang dipikul kolom

$$\begin{aligned}
 V_u &= P_{\text{Kolom}} \\
 &= 1722.40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$V_{c1} = 0.17 \times \left(\frac{1 + 2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0.17 \times \left(1 + \frac{2}{2} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\
 &= 6079039.953 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0.083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

$$\alpha_s = 40 \quad (\text{untuk kolom tengah})$$

$$\alpha_s = 30 \quad (\text{untuk kolom tepi})$$

$$\alpha_s = 20 \quad (\text{untuk kolom sudut})$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0.083 \times \left(\frac{40 \times 603}{4812} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\
 &= 9250231.342 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c3} &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4812 \times 603 \\
 &= 5244661.92 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu

$$V_{c1} = 6079039.953 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 9250231.342 \text{ N} \rightarrow V_{c_{\min}} = 5244661.92 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 5244661.92 \text{ N}$$

- Kontrol

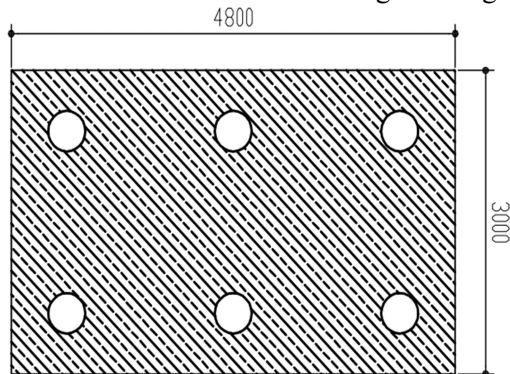
$$\phi V_c > V_u$$

$$0.75 \times 5244661.92 > 1722400 \text{ N}$$

$$3933496.44 \text{ N} > 1722400 \text{ N}$$

OK

b. Geser Dua Arah di Sekitar Tiang Pancang



Gambar 4. 94 Geser Dua Arah di Sekitar Pancang

Beban terpusat terbesar pada tiang pancang yaitu :

$$\begin{aligned} V_u &= P_{\text{kolom}} \\ &= 41.98 \text{ ton} = 419.79 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$p b_o = 2 (600 + (b_x/2) + (d/2))$$

$$a = 2 \times (600 \text{ mm} + 600 \text{ mm}/ 2 + 603 \text{ mm}/ 2)$$

$$d = 2403 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Untuk beton normal)}$$

Pada SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1 (a),(b), dan (c) untuk memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil :

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0.17 \times \left(\frac{1 + 2}{\beta_c} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= 0.17 \times \left(1 + \frac{2}{2} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\ &= 3035730.051 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c2} = 0.083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

Dimana :

$\alpha_s = 40$ (untuk kolom tengah)

$\alpha_s = 30$ (untuk kolom tepi)

$\alpha_s = 20$ (untuk kolom sudut)

maka :

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0.083 \times \left(\frac{30 \times 603}{2403} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\ &= 6276472.76 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c3} &= 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= 0.33 \times 1 \times \sqrt{30} \times 2403 \times 603 \\ &= 2619061.221 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan di atas yang digunakan adalah nilai V_c yang terkecil yaitu

$$V_{c1} = 3035730.051 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 6276472.76 \text{ N} \rightarrow V_{c_{\min}} = 2619061.221 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 2619061.221 \text{ N}$$

- Kontrol

$$\phi V_c > V_u$$

$$0.75 \times 2619061.221 > 419788 \quad \text{N}$$

$$1964295.92 \text{ N} > 419788 \quad \text{N} \quad \text{OK}$$

- ❖ Perhitungan Tulangan Lentur *pile cap*

Pada perencanaan tulangan lentur pada *pile cap*, nantinya *pile cap* diasumsikan sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang, berat sendiri *pile cap* dan berat tanah di atas *pile cap*. Dengan diketahui data perencanaan sebagai berikut :

- Data Perencanaan

B <i>pile cap</i>	= 4800 mm
H <i>pile cap</i>	= 3000 mm
t <i>pile cap</i>	= 700 mm
tebal selimut	= 75 mm
Ørencana	= 22 mm
Faktor β_1	= 0.85
Faktor reduksi kekuatan lentur	= 0.9
bkolom = hkolom	= 600 mm
fc'	= 30 Mpa
fy	= 400 Mpa
BJ Beton	= 2.4 t/m ³
BJ tanah	= 1.68 t/m ³

- Penulangan *pile cap* arah X

Diketahui nilai untuk jarak-jarak sebagai berikut :

a	= 0.6 m
X1	= 1.1 m
Bx	= 0.6 m
Cx	= (X1 - bx/2) + a = 1.4 m
Z	= 1.2 m
h	= 0.7 m
Lx	= 3.4 m

$$\begin{aligned} dx &= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - (22 \text{ mm}/2) = 514 \text{ mm} \\ dy &= 600 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 22 \text{ mm} - (22\text{mm}/2) = 492 \text{ mm} \end{aligned}$$

Beban yang terjadi pada bidang *pile cap* yang ditinjau :

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{Berat } \textit{pile cap} \text{ pada bidang yang ditinjau} \\ &= H \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Beton} \\ &= 4.8 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 8.048 \text{ ton/m} = 8048 \text{ kg/m} \\ W_2 &= \text{Berat tanah diatas bidang } \textit{pile cap} \text{ yang ditinjau} \\ &= H \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Tanah} \\ &= 3 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3 \\ &= 3.53 \text{ ton/m} = 3528 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Gaya maksimum yang terjadi pada satu tiang pancang :

$$P_u = 41.98 \text{ ton} = 41978.844444 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= [(0.5 \times W_1 \times C^2) + (0.5 \times W_2 \times C^2)] + (P_u \times X_1) \\ &= [(0.5 \times 8048 \times 1.4^2) + (0.5 \times 3528 \times 1.4^2)] + (41979 \times 1.2) \\ &= 34817 \text{ kg.m} = 348165688.9 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{386850765.4}{0.9} \\ &= 386850765.4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{386850765.4}{1000 \times 514^2} \\
 &= 1.464 \text{ N/mm}^2 \\
 m &= \frac{f_y}{0.9 \times f'c} \\
 &= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 1.4643}{400}} \right) \\
 &= 0.0038
 \end{aligned}$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \\
 \rho_b &= \left(\frac{0.9 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0.9 \times 0.85 \times 30}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0.0325 \\
 \rho_{\text{maks}} &= 0.8 \times \rho_b \\
 &= 0.8 \times 0.03251 \\
 &= 0.0244
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\
 0.0035 &< 0.0038 < 0.0244 \\
 \rho_{\text{min}} &< \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} && \text{memenuhi}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= 0.0038 \\
 A_s_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0038 \times 1000 \times 514
 \end{aligned}$$

$$= 1799 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D22-100

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= (0.25 \times \pi \times D2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100 \\ &= 3799.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &\geq \text{Asperlu} \\ 3799.4 \text{ mm}^2 &\geq 1799 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan *pile cap* Arah X bagian bawah Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah. Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan *pile cap* X bagian atas

- Penulangan *pile cap* arah Y
Beban yang terjadi pada bidang *pile cap* yang ditinjau :

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{Berat } \textit{pile cap} \text{ pada bidang yang ditinjau} \\ &= B \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Beton} \\ &= 4.8 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 2.4 \text{ t/m}^3 \\ &= 8.048 \text{ ton/m} = 8048 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_2 &= \text{Berat tanah diatas bidang } \textit{pile cap} \text{ yang ditinjau} \\ &= B \textit{ pile cap} \times t \textit{ pile cap} \times \text{BJ Tanah} \\ &= 3 \text{ m} \times 0.7 \text{ m} \times 1.68 \text{ t/m}^3 \\ &= 3.53 \text{ ton/m} = 35328 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi pada *pile cap* :

$$\begin{aligned} M_u &= -M_q + M_p \\ &= [(0.5 \times W_1 \times C_x^2) + (0.5 \times W_2 \times C_x^2)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= [(0.5 \times 8048 \times 1.4^2) + (0.5 \times 3528 \times 1.4^2)] \\
 &= 11360.16 \text{ kg.m} = 113601600 \text{ N.mm} \\
 M_n &= \frac{Mu}{\phi} \\
 &= \frac{113601600}{0.9} \\
 &= 126224000 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Rasio tulangan lentur

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} \\
 &= \frac{126224000}{1000 \times 492^2} \\
 &= 0.521 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.9 \times f_c'} \\
 &= \frac{400}{0.9 \times 30} = 15.686
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.686} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.686 \times 0.5309}{400}} \right) \\
 &= 0.0013
 \end{aligned}$$

Kontrol batasan rasio tulangan lentur

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \left(\frac{0.9 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \left(\frac{0.9 \times 0.85 \times 30}{400} \right) \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0.0325
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{maks}} &= 0.8 \times \rho_b \\
 &= 0.8 \times 0.03251 \\
 &= 0.0244
 \end{aligned}$$

Kontrol

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

$$0.0035 < 0.0013 < 0.02438$$

$$\rho_{\min} > \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \quad \text{tidak memenuhi}$$

Sehingga dipakai $\rho = 0.0035$

Kebutuhan Tulangan Lentur Bawah

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.0035$$

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.0035 \times 1000 \times 492$$

$$= 1722 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan D22-100

$$\text{As pasang} = (0.25 \times \pi \times D^2 \times b) / S$$

$$= (0.25 \times \pi \times 22^2 \times 1000) / 100$$

$$= 3799.4 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$\text{As pasang} \geq \text{Asperlu}$$

$$3799.4 \text{ mm}^2 \geq 1722.0 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{memenuhi}$$

Dipasang tulangan lentur D22-100 untuk penulangan pile cap Arah Y bagian bawah

Untuk tulangan tekan bagian atas, disamakan dengan tulangan tarik bagian bawah.

Sehingga dipasang tulangan D22-100 untuk penulangan pile cap Y bagian atas

❖ Perhitungan Transfer Beban Kolom ke Pondasi

$$A1 = \text{Luas Kolom}$$

$$= 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$

$$= 360000 \text{ mm}^2$$

$$A2 = \text{Luas pile cap}$$

$$= 4800 \text{ mm} \times 3000 \text{ mm} = 14400000 \text{ mm}^2$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N1

$$P_u = 172,24 \text{ ton} = 1722,4 \text{ kN}$$

$$N1 = \phi \times 0.85 \times f_c' \times A1$$

$$= 0.65 \times 0.85 \times 30 \times 360000$$

$$\begin{aligned}
 &= 5967000 \text{ N} = 5967 \text{ kN} \\
 N1 &> P_u \\
 5967 \text{ kN} &> 1997.63 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Kuat Tumpu pada Sisi Atas Pondasi, N_2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{14400000 \text{ mm}^2}{360000 \text{ mm}^2}} = 6,325$$

Namun, berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 10.14.1

$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak perlu diambil lebih dari 2

$$\begin{aligned}
 N_2 &= \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \times N_1 \\
 &= 2 \times 5967 \text{ kN} \\
 &= 11934 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_2 &> N_1 \\
 11934 \text{ kN} &> 1997.63 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{OK}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi. Namun, Pada SNI 2847-2013 Pasal 15.8.2.1, mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0.005 kali luas bruto komponen struktur yang ditumpu. Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= 0.005 \times 600 \times 600 = 1800 \text{ mm}^2 \\
 \text{Maka dipakai tulangan D 22 dengan As pakai} \\
 &= 3799.4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Panjang Penyaluran Tulangan
Pada SNI 2847-2013 Pasal 12.3.4 untuk panjang penyaluran tekan diambil dari yang terbesar di antara:

$$\lambda_{dc1} = \frac{0.2 \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c}} = \frac{0.2 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} = 175.27 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{dc1} &= 0.043 \times d_b \times f_y \\ &= 0.043 \times 22 \times 400 \\ &= 378.4 \text{ mm} \end{aligned}$$

λ_{dc} yang digunakan adalah $378.4 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 12.2 untuk panjang penyaluran tarik diambil sebagai berikut :

$$\lambda_{dc} = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1.7 \times \lambda \times \sqrt{f_c}} \right) \times d_b$$

dimana :

Ψ_t = faktor lokasi tulangan , $\Psi_t = 1$ untuk tulangan lainnya

Ψ_e = faktor pelapisan tulangan , $\Psi_e = 1$ untuk tulangan tanpa epoksi

L = faktor beton ringan, $l = 1$ untuk beton normal

d_b = diameter tulangan

maka

$$\begin{aligned} \lambda_{dc} &= \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1.7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 22 \\ &= 945.09 \text{ mm} \approx 950 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tulangan Susut

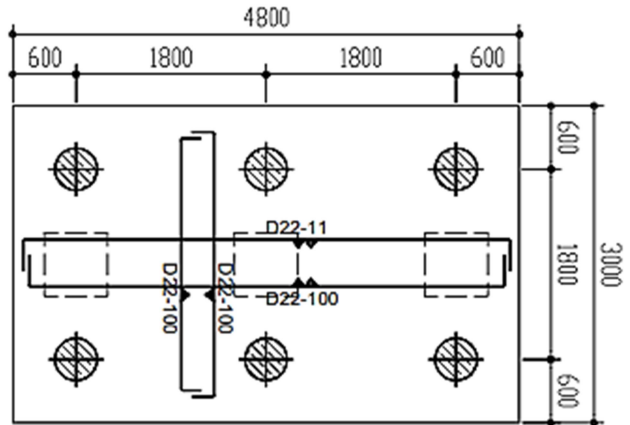
Tulangan pada posisi atas pondasi ditulangi dengan menggunakan tulangan susut atau suhu

$$\begin{aligned} \text{Asperlu} &= 0.0018 \times b \times \text{tebal poer} \\ &= 0.0018 \times 4800 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 6048 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan yang digunakan adalah $\text{Ø}14-100$

$$\begin{aligned} \text{Aspasang} &= (0.25 \times \pi \times D_2 \times b) / S \\ &= (0.25 \times \pi \times 14^2 \times 4800) / 100 \\ &= 7385.3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diameter tulangan dan jarak untuk tulangan arah sebaliknya memiliki hasil yang sama karena bentuk pondasi dan jumlah yang simetris.



Gambar 4. 95 Rencana Pondasi P5

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan Keseluruhan hasil analisa dan perhitungan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perencanaan struktur gedung beton Rumah Sakit Muhammadiyah yang terdiri dari 5 Lantai + 1 Lantai Atap dapat dirancang dengan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM).
2. Perencanaan struktur gedung di Kota Samarinda memiliki nilai SPT dengan klasifikasi situs tanah SD (Tanah Sedang) dan nilai KDS C, dengan beban statik ekuivalen dengan periode 10% dalam 50 tahun dimana bangunan gedung Rumah Sakit Muhammadiyah termasuk dalam kategori resiko III dengan nilai $R = 5$.
3. Hasil dari keseluruhan perhitungan dari gedung Rumah sakit Muhammadiyah yang telah dibahas, diperoleh hasil sebagai berikut :

a. Komponen Tangga

Rekapitulasi Pelat Tangga								
Tipe	Pelat	Tanjakan (cm)	Injakan (cm)	Tebal Pelat (cm)	Pakai Tulangan			
					Arah	Ø (mm)	-	s (mm)
Tipe 1	Tangga	17,5	30	12	X	D13	-	100
		17,5	30		Y	D13	-	200
	Bordes	17,5	30	12	X	D13	-	100
		17,5	30		Y	D13	-	200
Tipe 2	Tangga	17,5	30	12	X	D13	-	100
		17,5	30		Y	D13	-	200
	Bordes	17,5	30	12	X	D13	-	100
		17,5	30		Y	D13	-	200

b. Komponen Pelat

Tipe Pelat	Ly/Lx	Tulangan			
		Lapangan		Tumpuan	
		X	Y	X	Y
Pelat Lantai 1					
Tipe A-1 7.2 m x 3.15 m	2.3	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe B-1 7.2 m x 3.0 m	2.4	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe C-1 3.6 m x 3.0 m	1.2	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe D-1 3.6 m x 6.3 m	1.8	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Pelat Lantai 2-4					
Tipe A-2 7.2 m x 3.15 m	2.3	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe B-2 7.2 m x 3.0 m	2.4	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe C-2 3.6 m x 3.0 m	1.2	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe D-2 3.6 m x 6.3 m	1.8	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Pelat Atap dan Ruang Lift					
Tipe A-3 7.2 m x 3.15 m	2.3	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe B-3 7.2 m x 3.0 m	2.4	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe C-3 3.6 m x 3.0 m	1.2	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150
Tipe D-3 3.6 m x 6.3 m	1.8	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150	Ø12-150

c. Komponen Balok

Rekapitulasi Balok								
Tipe Balok	Ukuran (cm)	Tulangan Torsi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
			Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Balok Induk								
B1	45 x 65	2D16	6D19	4D19	4D19	6D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150
B3	30 x 50	2D13	4D19	2D19	2D19	4D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150
B4	35 x 45	2D13	4D19	2D19	2D19	4D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150
Balok Anak								
B2	35 x 50	2D13	4D19	2D19	2D19	4D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150
BB	30 x40	4D13	3D19	2D19	2D19	3D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150

d. Komponen Kolom

Rekapitulasi Kolom				
Tipe	Tinggi (cm)	Dimensi (cm)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser
K1	500	600 x 600	12D22	2Ø10 -150
K2	400	500 x 500	12D22	2Ø10 -150

e. Komponen Sloof

Rekapitulasi Sloof								
Tipe Sloof	Ukuran (cm)	Tulangan Torsi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
			Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
			Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Sloof								
TB1	45 x 65	-	6D19	6D19	6D19	6D19	2Ø10 -100	2Ø10 -150

f. Komponen Pondasi

Rekapitulasi Pondasi							
Tipe Pondasi	Dimensi <i>Pile cap</i>	Tebal <i>Pile cap</i>	Diameter Tiang Pancang	Kedalaman Tiang Pancang	Jumlah Tiang Pancang	Tulangan Lentur	
	(m)	(cm)	(mm)	(m)		X	Y
P1	1,2 x 1,2	70	400	24	1	D22-150	D22-150
P2	2,4 x 1,2	70	400	24	2	D22-150	D22-150
P4	2,4 x 2,4	70	400	24	4	D22-150	D22-150
P5	3,6 x 2,4	70	400	24	5	D22-150	D22-150
P6	4,8 x 3	70	400	24	6	D22-150	D22-150

4. Pekerjaan Kolom Beton Meliputi :

- a. Tahap Persiapan
- b. Tahap Penulangan Kolom
- c. Tahap Bekisting Kolom
- d. Tahap Pengecoran Kolom
- e. Tahap Perawatan Beton Kolom
- f. Tahap Pembongkaran Bekisting

6.2. Saran

Berdasarkan keseluruhan hasil perhitungan yang telah dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini ,didapatkan beberapa saran yaitu :

1. Untuk penelitian lebih lanjut biasa diteruskan dengan perhitungan kebutuhan volume tulangan, manajemen struktur serta perhitungan RAB.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfiadi, Y., 2017. "Diagram Interaksi Perancangan Kolom dengan Tulangan pada Empat Sisi Berdasarkan SNI 2847: 2013 dan ACI 318M-11." Jurnal Teknik Sipil 13.4 (2017): 283.*
- ASCE/SEI 7-02., 2002. American Society of Civil Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures. Virginia: ASCE/SEI.*
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung", SNI 2847-2013. Jakarta: BSN.*
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung", SNI 1726-2012. Jakarta: BSN.*
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. "Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain", SNI 1727-2013. Jakarta: BSN.*
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2016 . Perencanaan lanjut Struktur Gedung Beton Bertulang . Bandung : ITB Press*
- Pamungkas, A., & Harianti, E., 2013. Desain Pondasi Tahan Gempa. Yogyakarta: Andi.*
- Wiratman, W., 1971. "Peraturan Beton Bertulang Indonesia", PBTI 1971. Bandung : DPU.*

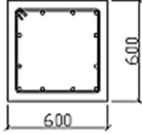
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1

1. METODE PELAKSANAAN

Pada pembangunan gedung Rumah Sakit Muhammadiyah akan menguraikan metode pelaksanaan pekerjaan kolom. Penguraian tahapan pelaksanaan pekerjaan beton akan ditinjau kolom tipe K1 Lantai 1 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Dimensi Kolom	= 600 mm x 600 mm
Tulangan utama	= 12D22
Sengkang	= Ø10-150 Tumpuan-Lapangan
Mutu beton	= 30 Mpa
Mutu Tulangan	= 400 Mpa

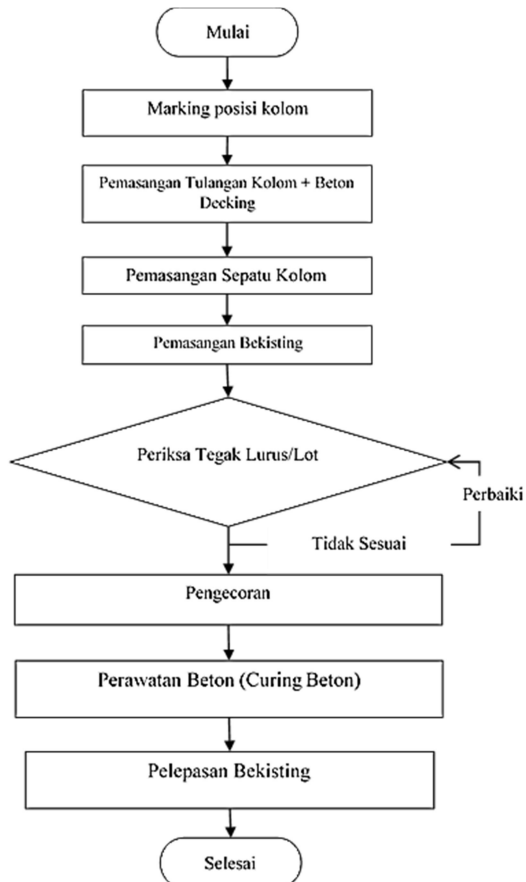
TYPE	K1
	Support, Span
SECTION	
LONGITUDINAL REINFORCEMENT	12 D22
TRANSVERSE REINFORCEMENT	10-150
COVER	40 mm

Gambar 1 Penampang Kolom K1

Berikut langkah-langkah pada metode pelaksanaan pekerjaan kolom :

A. Pelaksanaan Persiapan

Pekerjaan persiapan meliputi pembersihan area pekerjaan dari bahan-bahan atau alat-alat yang kemungkinan mengganggu jalannya pekerjaan dan penyediaan alat dan bahan yang diperlukan dalam pekerjaan kolom. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan titik-titik as kolom diperoleh dari hasil pengukuran dan pematokan yang disesuaikan dengan *shop drawing*. Cara menentukan as kolom adalah diukur menggunakan alat *theodolite* dengan menggunakan acuan dari titik *Bench Mark*. Berikut ini merupakan tahapan pengerjaan kolom :



- B. Pekerjaan Pembesian Kolom
- Alat yang Digunakan
1. Bar Cutter



Gambar 3 Bar Cutter

Sumber : dokumentasi pribadi

Bar cutter merupakan alat yang berfungsi untuk memotong besi atau tulangan sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Cara kerja bar cutter yaitu baja yang akan dipotong dimasukkan ke dalam gigi bar cutter kemudian pedal pengendal dipijak, dan dalam hitungan detik baja tulangan akan terpotong. Bar cutter yang digunakan hanya dapat memotong besi maksimal berdiameter 32 mm. Pemotongan untuk baja tulangan yang mempunyai diameter besar dilakukan satu persatu. Sedangkan untuk yang berdiameter lebih kecil, pemotongan dapat dilakukan dengan beberapa tulangan sekaligus sesuai dengan kapasitas alat.

2. Bar Bender

Bar Bender merupakan alat yang berfungsi untuk membengkokkan tulangan dalam berbagai macam sudut sesuai dengan perencanaan . Cara kerja bar bender yaitu baja yang akan dibengkokkan dimasukkan diantara poros tekan dan poros pembengkok.Kemudian diatur sudut sesuai dengan sudut bengkok yang diinginkan dan panjang pembengkokannya. Ujung tulangan pada poros pembengkok ditekan dengan kunci pembengkok. Kemudian pedal ditekan sehingga roda pembengkokkan berputar sesuai dengan sudut dan pembengkokan yang direncanakan. Bar bender yang digunakan hanya dapat membengkokkan besi maksimal berdiameter 32 mm.

- Penulangan Kolom

Perakitan tulangan kolom dikerjakan di area pembesian. Perakitan tulangan kolom dimulai dengan memasang tulangan utama. Sebelum pemasangan sengkang, terlebih dahulu dibuat tanda pada tulangan utama menggunakan kapur atau spidol. Selanjutnya adalah pemasangan sengkang yang telah dibuat bentukannya sesuai dengan shop drawing, setiap pertemuan antara tulangan utama dan sengkang diikat oleh kawat dengan sistem silang. Tulangan yang telah selesai dipasang kemudian diangkat dengan menggunakan bantuan alat tower crane untuk kemudian ditempatkan pada posisi penyambungan, Pengangkatan tulangan kolom dilakukan dengan, menyelipkan tulangan diantara sengkang kemudian seling tower crane diikatkan pada tulangan tersebut.



Gambar 4 Pembesian Tulangan

Sumber : dokumentasi pribadi

- Penyambungan Tulangan Kolom di Lapangan

Penyambungan tulangan kolom dilakukan oleh 2 orang pekerja yang berdiri di dua sisi kolo untuk memasukkan tulangan atas ke bagian dalam tulangan bawah dengan panjang sambungan lewatan sesuai dengan perencanaan. Kolom tipe K1 dengan panjang penyaluran 1000 mm dan sambungan lewatan 625 mm tidak berada pada daerah tulangan balok dan pelat.
 - Pemasangan Beton *Decking* pada Kolom

Setelah tulangan terpasang, kemudian dipasang beton decking menurut perencanaan yaitu setebal 40 mm. Beton decking berfungsi untuk menjaga tulangan agar sesuai dengan posisi yang direncanakan.
- C. Pekerjaan Bekisting Kolom
- Peralatan
 1. Theodolite

Theodolite berfungsi untuk menentukan tinggi/elevasi dengan sudut mendatar dan sudut tegak. Dalam pekerjaan bekisting, Theodolite digunakan dalam menentukan ketepatan posisi bekisting terhadap as.



Gambar 5 Theodolite

2. Unting-unting
Unting-unting berfungsi untuk mengecek kelurusan dan ketegakan bekisting secara vertical.



Gambar 6 Unting Unting

3. Meteran
Meteran berfungsi untuk mengukur kayu bekisting yang akan digunakan dan cek ketepatan ukuran bekisting.



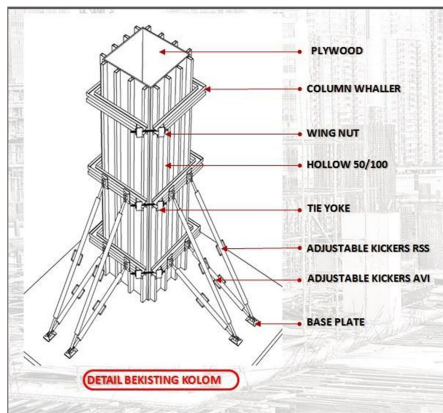
Gambar 7 Meteran

4. Lot benang atau sipatan
Lot benang atau sipatan dan tinta hitam, berfungsi sebagai penanda, untuk membentuk garis bantu pada lantai beton.



Gambar 8 Lot dan Sipatan

- Bagian-bagian Bekisting Kolom



Gambar 9 Bagian-Bagian Bekisting Kolom

- Pemasangan Bekisting
Berikut ini merupakan langkah-langkah pemasangan bekisting kolom :
 1. Buat garis sipatan batas beton kolom pada lantai tempat bekisting kolom akan didirikan.
 2. Pastikan semua pembesian berada di dalam garis sipatan dan memiliki selimut beton sesuai spesifikasi struktur, serta sudah terpasang beton decking.
 3. Pemasangan sepatu kolom di setiap sudut sisi dengan bahan besi siku atau beton dengan mutu

yang sama dengan mutu beton kolom. Sepatu ini berfungsi sebagai pembatas bekisting, untuk menjaga agar tumpuan bekisting di lantai beton tidak bergeser dari garis sipatan batas pada saat disetel. Untuk menghindari kebocoran atau keluarnya air semen yang menyebabkan keroposnya beton, maka bagian bawah bekisting dipasang spon/busa tebal 2,5cm.

4. Olesi semua bidang dalam multipleks bekisting kolom dengan minyak bekisting (mould oil) sebelum didirikan.
5. Dirikan bekisting kolom. Pasang separator dan plastik cone pada kedua sisi bekisting. Perlu diperhatikan bahwa separator dan Form Tie harus dipasang sedekat mungkin dengan tiang vertikal dengan jarak maksimum 60 cm. Hal ini untuk mencegah melendutnya balok kayu penjepit pada saat pengencangan form tie.
6. Setelah bekisting kolom ditutup pasang semua sarana perkuatan bekisting seperti tie rod, form tie, dan adjustable support.
7. Cek kelurusan dan ketegakan bekisting dengan bantuan unting-unting, Theodolite, dan benang sipatan dibantu alat ukur. Kelurusan vertical kolom maks 1 cm tiap 3 m.
8. Sebelum pekerjaan cor periksa terlebih dahulu semua perkuatan bekisting termasuk pengeneangan tie rod, pengencangan adjustable support, pemasangan pasak/bajiantara gelagar jepit atau kick kolom dengan balok vertikal bekisting kolom.
9. Setelah bekisting terpasang baik, buat sipatan (atau tanda dari paku) untuk batas/level pengecoran 50 cm di sisi atas bekisting kolom.
10. Untuk menghindari terjadinya beton keropos akibat sampah yang sulit dibersihkan, dibuat jendela

pembuangan sampah. Apabila sudah bersih ditutup kembali.

D. Pekerjaan Pengecoran Kolom

Pekerjaan pengecoran kolom dapat dilakukan apabila pekerjaan tulangan dan bekisting kolom telah selesai dikerjakan dan telah mendapatkan persetujuan melalui surat izin pengecoran dari pengawas.

- Alat yang Digunakan
 1. Waterpass
 2. Bak ukur
 3. Sipatan
 4. Untitig-unting (lot)
 5. Concrete Vibrator
 6. Concrete pump, towercrane + bucket cor + selang tremi.

- Slump Test

Slump Test adalah proses pengujian nilai runtuh/turun sampel adukan dari ketinggian kerucut terpancung, maka dari itu dapat menentukan bahwa campuran beton segar tersebut dapat dikerjakan atau tidak. Untuk itu uji slump menunjukkan apakah campuran beton kekurangan, kelebihan, atau cukup air. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air beton/kelacakan beton berhubungan dengan mutu beton. Campuran beton untuk pengecoran di lapangan sudah di uji di laboratorium sehingga dikeluarkan nilai mix desain.

Sebelum pengecoran dimulai, beton harus lolos pada tes slump dengan dibutuhkan 2 benda uji silinder berukuran 150 mm x 300 mm (SNI 2847-2013 Pasal 5.3.1.2) setiap truk mixer concrete berkapasitas 6-7 m³ untuk di uji kuat tekan beton. Persyaratan mengenai batas nilai slump test pada beton ready mix adalah ± 12 cm.

- Pengecoran Kolom

1. Pekerjaan Persiapan
 - Semua alat kerja diperiksa kelayakan pakainya baik secara rutin atau pun sebelum pengecoran.
 - Peralatan survey yang sudah dikalibrasi harus disiapkan.
 - Penerangan harus sudah disiapkan di lokasi cor.
 - Vibrator baik engine atau elektrik harus sudah dicek kesiapannya, jumlah vibrator sudah termasuk cadangan (1 unit) bila terjadi kerusakan dan sebaiknya juga disiapkan cadangan bila listrik padam atau engine rusak sesuai kondisi lapangan.
 - Bila pengecoran pada musim hujan, tenda sudah terpasang sebelum pengecoran dengan mengarahkan jatuhnya air hujan di luar area yang dicor (tidak merusak beton yang baru).
 - Concrete Pump ditempatkan pada posisi sedekat mungkin dengan area pengecoran tetapi masih dapat dijangkau mobil mixer untuk mengurangi jumlah sambungan pipa.
 - Pemasangan pipa cor diusahakan dengan seminimal mungkin sambungan siku (90 derajat) dan pipa cor ditempatkan pada posisi agar penuangan beton berurutan/tidak acak.
 - Lahan cor yang disiapkan sebaiknya memperhatikan luasan, volume dan waktu pengecoran kecuali untuk kondisi yang khusus.
 - Memeriksa kebersihan lahan cor, tidak boleh ada serbuk kayu (terutama pada pertemuan balok dan kolom), potongan-potongan kawat besi beton, putung rokok dan lain lain.
 - Apabila pada area pengecoran masih terdapat lubang-lubang, tutup lubang-lubang tersebut dengan busa atau lakban atau dempul (tanah) untuk menghindari keropos.

- Periksalah apakah pada area yang dicor terdapat hubungan dengan M/E, bila ada haruslah dikoordinasikan terlebih dahulu untuk menghindari pekerjaan ulang (pembongkaran).
 - Bila area yang dicor sering dilalui orang agar dipasang pembatas/penghalang
 - Untuk keselamatan kerja pada pengecoran di ketinggian dengan area yang terbuka, pada bagian sisi luar dipasang pagar yang dapat terbuat dari besi ataupun kayu.
 - Perlu disiapkan area pembuangan kelebihan betono, sebaiknya kelebihan tersebut dapat dimanfaatkan.
2. Pekerjaan Pelaksanaan
- Sebelum pemesanan beton, terlebih dahulu dihitung volume beton yang dibutuhkan sesuai gambar shop drawing dengan kelebihan beton diperkirakan 5% dari total volume, pemesanan sudah dilakukan 1 hari sebelum waktu pengecoran agar persediaan beton terjamin.
 - Volume beton ditinjau kembali pada saat pemesanan 2 mobil mixer terakhir. Dengan mengukur kondisi lapangan agar dapat memastikan kebutuhan beton pada mobil mixer terakhir dan ditambah 0,5m³ untuk menghindari kekurangan beton. Untuk pengecoran kolom yang dapat lebih terukur penambahan kelebihan pemesanan diusahakan seminimal mungkin (kurang dari 0,5m³).
 - Pemesanan beton disesuaikan dengan area yang dicor, dengan spesifikasi slump beton 12 ± 2 cm. Pemakaian retarder untuk setting time beton 4 jam atau disesuaikan dengan kondisi lapangan, namun diperhatikan waktu pembongkaran bekisting yang biasanya hanya 1 hari.

- Waktu kedatangan beton juga harus disesuaikan dengan area dicor, untuk kolom biasanya menggunakan trower crane dengan waktu penuangan beton 1 mobil mixer 1-1,5 jam, sehingga kedatangan mobil mixer hanya satu-satu namun harus kontinu.
- Setiap mobil mixer yang datang harus diperiksa surat jalannya sesuai dengan pemesanan (volume, slump, pemakaian bahan additive). Bila tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang ada, beton dianggap tidak memenuhi syarat dan tidak diterima.
- Selama proses pengecoran dilarang menambahkan air ke dalam beton baik pada mobil mixer, concrete pump, ataupun pada di area pengecoran karena akan mengurangi kuat tekan beton.
- Pemakaian vibrator diusahakan tidak mengenai besi maupun bekisting.

E. Pekerjaan Perawatan Beton Kolom

Perawatan (*curing* beton) dilakukan setelah pengecoran, dengan memerhatikan bahwa area yang akan *dicuring* tertutup bekisting. Untuk *curing* awal dapat menyiram/menggenangi bagian atas kolom tersebut. Setelah bekisting kolom dibongkar maka *curing* dapat dilakukan dengan menguaskan atau menyemprotkan *curing compound* (bahan kimia) ke permukaan kolom dengan kuas . setelah itu permukaan kolom tersebut langsung ditutup dengan plastik untuk mengurangi penguapan air. Perawatan beton dilakukan untuk menghindari :

- a. Kehilangan banyak air pada proses awal pengerasan beton yang kan mempengaruhi proses pengikatan awal beton.
- b. Penguapan air dari beton pada saat pengerasan beton pada hari pertama.

- c. Perbedaan *temperature* dalam beton yang akan mengakibatkan retak-retak pada beton.
- F. Pekerjaan Pelepasan Bekisting

Proses pembongkaran bekisting kolom dilakukan setelah beton dianggap mengeras. Untuk menentukan waktu pembongkaran bekisting, harus diperhatikan umur dan kuat tekan beton yang diperoleh dari uji tekan sampel beton. Untuk itu pada awal-awal pengecoran dapat diambil jumlah sampel beton yang lebih banyak dan di uji pada umur yang beragam (3,5,7,14 hari). Biasanya Pembongkaran bekisting kolom dilakukan setelah \pm 8-24 jam dari pengecoran terakhir dengan tenaga orang (berbeda-beda tergantung pada *setting time* beton, setiap *mix design* yang dibuat juga berbeda tergantung dari bahan *admixture* yang digunakan). Jika pembongkaran dilakukan sebelum waktu *setting time* yang disyaratkan maka akan terjadi kerusakan/cacat pada beton tersebut. Upaya dalam mencegah kerusakan yang terjadi yaitu dilakukan pembongkaran setelah *setting time* yang disyaratkan, agar beton dapat mengeras terlebih dahulu. Bekisting yang telah dilepas diangkat dengan bantuan *tower crane* dan dibersihkan bagian permukaan dalamnya serta diolesi pelumas untuk kemudian dipasang pada kolom berikutnya

2. DATA TANAH

DRILLING LOG												Keti																						
Project No. : 1			Project : Perencanaan Pemb. Amaris Hotel									Keti																						
Bore Hole No. : 1			Lokasi : Jl. Dr. Sastrawidya Sarinanda																															
Water Table : 7.0 Dm (Muka Air)			Elevation : ± 0.01 (muka tanah setempat)																															
Taanah Setempat												Standard Penetration Test																						
Elevation m	Depth m	Thickness m	Lapour	Description & Color	Moisture Content (%)	LID	SPT Sample No.	Blows per inch (2)			N-Value	Physical Properties						Atterberg Limit			Oedometer Test			Strength Test										
								10 mm	20 mm	30 mm		f _i	W _L	S _t	e	G _s	LL	PL	PI	C _c	SP	Shf	Swelling Type	C	φ	q _u								
								0 10 20 30 40 50 60				Triaxial	%	%	%	%	%	%																
0.00				Lempung Berlembau Abu-abu																														
-1.00	1.00			Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Stiff		31	18	6	8	10																							
-4.00	3.00			Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		41	9	3	4	5				1.782	24.51	73.32	0.917	2.744	44.00	21.03	22.97	0.550				Triaxial	0.839	5.00					
-8.00	4.00			Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		41	13	4	5	8																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		42	31	9	13	18				1.940	26.07	50.00	0.782	2.704	NP	NP						Overconsolidated	0.051	31.23					
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		43	26	6	9	17																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		44	51	17	27	24																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Medium		45	29	29	11	18																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Very Dense		46	44	15	21	23																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Very Dense		47	50	16	23	27																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Very Dense		48	46	18	23	38																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Very Dense		49	59	20	33	26																							
				Lempung Berlembau Berpasir Berkerikil Abu-abu	Very Dense		50	46	19	27	34																							

Remarks: * = Not Tested γ_s = Unit weight e = Void Ratio LL = Liquid Limit
 SD = Clayey sand Sample NP = Non Plastic W_L = Water content G_s = Specific Gravity PL = Plastic Limit
 SPT = SPT Test NS = No Sample/SPT > 50 S_t = Degree of Saturation PI = Plasticity Index

3. BROSUR TIANG PANCANG



PC PILES

PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Prestension Spun Piles Prestressed Concrete Post-Tension Spun Piles (Cylinder Piles) Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Locking Pile) Inver-Boring System

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

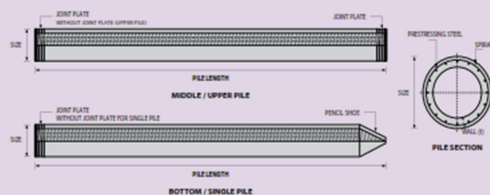
Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading In case pile is consider to seismic loading, piles detail shall re-design refer to ACI 543R Chapter-5
Manufacturing	SN 2047 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
	WB - PCP - PS - 05	Production Manufacturing Procedure
	WB - PCP - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SN 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range-Water Reducing Admixture
Concrete	SN 2834 - 2000 SN 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SN 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BJTS 40 (Deformed) Steel Class : B(TP 24 (Round))
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS AS.1/E6013 N80K2 STEEL FB 26 / RD 260, L10N 26, or equivalent.

November - 2017

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE PRETENSION SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross 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)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
					A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
350	65	581.98	62,162.74	145	A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
					A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
400	75	765.70	106,488.95	191	B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
					A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
450	80	929.91	166,570.38	232	B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
600	100	1,570.80	310,508.81	393	B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
					A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	B	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	795.50	252.16	6-24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.50	409.00	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24
					A1	170.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	180.00	195.00	795.50	252.16	6-24
					A3	195.00	217.50	778.60	311.00	6-24

Unit Conversion : 1 ton = 9,8000 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)

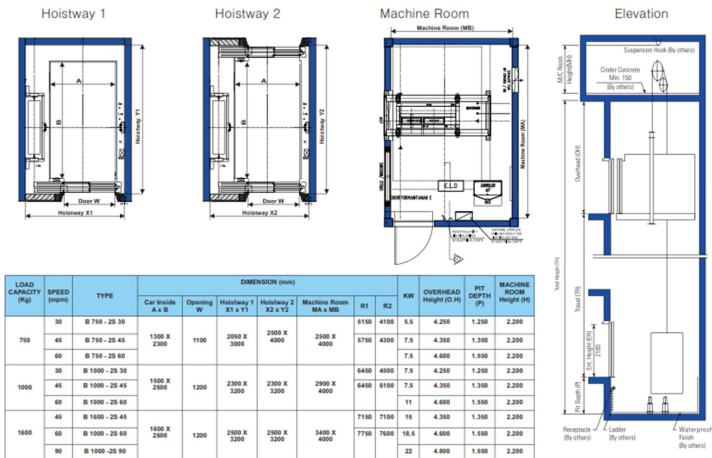
**) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

4. BROSUR LOUSER LIFT



Installation Layout Plan

Design for General Type



5. BROSUR BATA RINGAN CITICON

+62 82 234 555 999 | marketing@citiconindonesia.com

CITICON Beranda Produk Tentang Kami Kalkulator Bata Ringan Portofolio Kontak Kami Download Berita

+62 82 234 555 999 Customer Care +62 821 590195 Teknis Kamar 50m - Juni 08.00-18.00 WIB Jam Kerja cs@citiconindonesia.com Email

Keunggulan Spesifikasi Teknis Cara Pemasangan Isometri Pemasangan Sertifikat Hasil Uji

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm) : 600
 Tinggi, H (mm) : 200 ; 400
 Tebal, T (mm) : 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ρ : 530 kg/m³
 Berat jenis normal, ρ : 600 kg/m³
 Kuat tekan, σ : $\geq 4,0$ N/mm²
 Konduktivitas termis, λ : 0,14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ²	m ²	13,33	10,00	8,00	6,67	5,71	5,00
Isi / m ³	Blok	111,11	83,33	66,67	55,56	47,62	41,67

Offline

6. ASCE 7-2002

C3.1 Beban mati

Tabel C3.1-1 - Beban mati desain minimum (kN/m²)^a

Komponen	Beban (kN/m ²)
CEILING	
Acoustical fiberboard	0,05
Gypsum board (per mm thickness)	0,005
Mechanical duct allowance	0,19
Plaster on tile or concrete	0,24
Plaster on wood lath	0,35
Suspended steel channel system	0,10
Suspended metal lath and cement plaster	0,72
Suspended metal lath and gypsum plaster	0,45
Wood furring suspension system	0,12
COVERINGS, ROOF, AND WALL	
Asbestos-cement shingles	0,19
Asphalt shingles	0,10
Cement tile	0,77
Clay tile (for mortar add 0.45 kN/m ²)	
Book tile, 51 mm	0,57
Book tile, 76 mm	0,96
Ludowici	0,45
Roman	0,57
Spanish	0,91
Composition:	
Three-ply ready roofing	0,05
Four-ply felt and gravel	0,26
Five-ply felt and gravel	0,29
Copper or tin	0,05
Corrugated asbestos-cement roofing	0,19
Deck, metal, 20 gauge	0,12
Deck, metal, 16 gauge	0,14
Decking, 51-mm wood (Douglas fir)	0,24
Decking, 76-mm wood (Douglas fir)	0,35
Fiberboard, 13 mm	0,04
Gypsum sheathing, 13 mm	0,10
Insulation, roof boards (per mm thickness)	
Cellular glass	0,0013
Fibrous glass	0,0021
Fiberboard	0,0025
Perlite	0,0015
Polystyrene foam	0,0004
Urethane foam with skin	0,0009
Plywood (per mm thickness)	0,005
Rigid insulation, 13 mm	0,04
Skylight, metal frame, 10-mm wire glass	0,35
Slate, 5 mm	0,34
Slate, 6 mm	0,45
Waterproofing membranes:	
Bituminous, gravel-covered	0,26
Bituminous, smooth surface	0,07
Liquid applied	0,05
Single-ply, sheet	0,03
Wood sheathing (per mm thickness)	
Plywood	0,0057
Oriented strand board	0,0052
Wood shingles	0,14
FLOOR FILL	
Cinder concrete, per mm	0,017
Lightweight concrete, per mm	0,015
Sand, per mm	0,015
Stone concrete, per mm	0,023
FLOORS AND FLOOR FINISHES	
Asphalt block (51 mm), 13-mm mortar	1,44
Cement finish (25 mm) on stone-concrete fill	1,53
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 13-mm mortar bed	0,77
Ceramic or quarry tile (19 mm) on 25-mm mortar bed	1,10

0.12 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 3 m (0,3 m x 0,4 m)		= 9,6 m			
	Volume Total Balok		= 1.152 m ³			
	Berat Total Balok dg Bentang 3 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)		= 27.648 kN			
Elemen Balok Anak	Luas	Panjang Elemen			Total	
	Penampang	Grid	Panjang (m)			
		J	6.6	6.6		13.2
		I	6.6	6.6		13.2
		B'	6.6	6.6	6.6	39.6
		D	6.6	6.6	6.6	39.6
		E	6.6	6.6	6.6	39.6
		G'	6.6	6.6	6.6	39.6
	Ukuran 7.2 m - (0,45 m x 0,65 m)	Panjang Total Balok dg Bentang 7.2 m (0,45 m x 0,65 m)		= 184,8 m		
		Volume Total Balok		= 54.054 m ³		
Berat Total Balok dg Bentang 7.2 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)		= 1297.296 kN				
0.2925 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 7.2 m (0,45 m x 0,65 m)		= 184,8 m			
Volume Total Balok		= 54.054 m ³				
Berat Total Balok dg Bentang 7.2 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)		= 1297.296 kN				
Elemen Kolom	Luas Penampang		Panjang Elemen		Volume	
	Dimensi Kolom = 0,6 m x 0,6 m (Seragam untuk Setiap Lantai)		= 85 x 7 m		= 214 m ³	
	= 0,36 m ²		= 595 m			
	Volume Total Balok				= 214 m ³	
Berat Total Kolom 0,6 m x 0,6 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)				= 5140,8 kN		
Elemen Pelat	Luas Penampang		Tebal Pelat		Volume	
	Panel 1 = 48 x 22,68 m ²	= 1088,6 m ²	Panel 1 = 0,14 m	= 152,410 m ³		
	Panel 2 = 9 x 10,8 m ²	= 97,2 m ²	Panel 2 = 0,09 m	= 8,748 m ³		
	Panel 3 = 1 x 22,68 m ²	= 22,68 m ²	Panel 3 = 0,14 m	= 3,175 m ³		
	Panel 4 = 1 x 25,92 m ²	= 25,92 m ²	Panel 4 = 0,14 m	= 3,629 m ³		
	Volume Total Pelat				= 167,962 m ³	
Berat Total Pelat ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)				= 4031,0784 kN		
Elemen Dinding	Luas Penampang Dinding		Panjang Elemen			
	= 0,15 m x 6,6 m = 0,99 m ²		= 25 x 7 m = 175 m			
	= 0,15 m x 5,7 m = 0,855 m ²		= 6 x 7 m = 42 m			
	= 0,15 m x 3 m = 0,45 m ²		= 15 x 7 m = 105 m			
	= 0,15 m x 2,4 m = 0,36 m ²		= 35 x 7 m = 245 m			
	Volume Total Dinding Lantai 1				= 344,610 m ³	
Berat Total Dinding ($\gamma = 150 \text{ kg/m}^3 = 1,5 \text{ kN/m}^3$)				= 516,915 kN		
Beban Mati Tambahan pada Struktur						
Plesteran Keramik	Luas Penampang		Tebal Plesteran			
	Luas lantai yang harus diplester = Luas pelat panel 1 + Panel 2 dan 3 = 1234,44 m ²		= 1,5 cm = 0,015 m			
	Volume Total Plesteran Keramik				= 18,517 m ³	
	Berat Total Plesteran Keramik ($\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$)				= 407,3652 kN	
Plumbin g	Luas total yang akan diberi plumbing = Luas Pelat		= 1088,64 m ²			
	Berat Total Plumbing ($\gamma = 25 \text{ kg/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$)		= 272,16 kN			

Plafond	Luas total yang akan diberi plafond = Luas Pelat = 1234.44 m ²
	Berat Total Plafond ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 246.888 kN
M & E	Beban mechanical & electrical pada area pelat seluas = 1234.44 m ²
	Berat Total M & E ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 246.888 kN
Berat sendiri struktur + Berat Mati Tambahan = 9607.1346 kN	

Beban Hidup yang Bekerja pada Struktur	
Beban Hidup	Beban hidup total pada area pelat seluas = 1234.44 m ²
	-Beban Hidup pada Rumah Sakit :
	Ruang Pasien ($W_{Live} = 192 \text{ kg/m}^2 = 1,92 \text{ kN/m}^2$) = 2370.1248 kN
	Koridor ($W_{Live} = 383 \text{ kg/m}^2 = 3,83 \text{ kN/m}^2$) = 4727.9052 kN
Beban tereduksi pada struktur(30% Live Load) = 2129.409 kN	
Total Beban Struktur Lantai I = 11736.5436 kN	

	0.12 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 3 m = (0,3 m x 0,4 m) = 9,6 m											
		Volume Total Balok = 1.152 m ³											
		Berat Total Balok dg Bentang 3 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 27.648 kN											
Elemen Balok Anak	Luas Penampang	Panjang Elemen											
		Grid	Panjang (m)									Total	
	Ukuran 7.2 m - (0,45 m x 0,65 m)	B'	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
		D	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
		E	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
		G'	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
	0.2925 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 7.2 m (0,45 m x 0,65 m) = 158.4 m											
		Volume Total Balok = 46.332 m ³											
		Berat Total Balok dg Bentang 7.2 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 1111.968 kN											
	Elemen Kolom	Luas Penampang = 0,6 m x 0,6 m = 0,36 m ²		Panjang Elemen = 85 x 4 m = 340 m		Volume = 122 m ³							
Volume Total Balok = 122 m ³													
Berat Total Kolom 0,6 m x 0,6 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 2937,6 kN													
Elemen Pelat	Luas Penampang		Tebal Pelat		Volume								
	Panel 1 = 42 x 22,68 m ² = 952,56 m ²	Panel 1 = 0,14 m = 133,358 m ³											
	Panel 2 = 9 x 10,8 m ² = 97,2 m ²	Panel 2 = 0,09 m = 8,748 m ³											
	Panel 3 = 1 x 22,68 m ² = 22,68 m ²	Panel 3 = 0,14 m = 3,175 m ³											
	Panel 4 = 1 x 25,92 m ² = 25,92 m ²	Panel 4 = 0,14 m = 3,629 m ³											
	Volume Total Pelat = 148,910 m ³		Berat Total Pelat ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 3573,8496 kN										
Elemen Dinding	Luas Penampang Dinding		Panjang Elemen										
	= 0,15 m x 6,6 m = 0,99 m ²	= 25 x 4 m = 100 m											
	= 0,15 m x 5,7 m = 0,855 m ²	= 23 x 4 m = 92 m											
	= 0,15 m x 3 m = 0,45 m ²	= 24 x 4 m = 96 m											
	= 0,15 m x 2,4 m = 0,36 m ²	= 28 x 4 m = 112 m											
	Volume Total Dinding = 261,180 m ³		Berat Total Dinding ($\gamma = 150 \text{ kg/m}^3 = 1,5 \text{ kN/m}^3$) = 391,77 kN										
Beban Mati Tambahan pada Struktur													
Plesteran Keramik	Luas Penampang		Tebal Plesteran										
	Luas lantai yang harus diplester = Luas pelat panel 1 + Panel 2 dan 3 = 1098,36 m ²		= 1,5 cm = 0,015 m										
	Volume Total Plesteran Keramik = 16,475 m ³												
	Berat Total Plesteran Keramik ($\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$) = 362,4588 kN												
Plumbin g	Luas total yang akan diberi plumbin g = Luas Pelat = 952,56 m ²		Berat Total Plumbin g ($\gamma = 25 \text{ kg/m}^3 = 0,25 \text{ kN/m}^3$) = 238,14 kN										

Plafond	Luas total yang akan diberi plafond = Luas Pelat = 1098.36 m ²
	Berat Total Plafond ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^3 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 219.672 kN
M & E	Beban mechanical & electrical pada area pelat seluas = 1098.36 m ²
	Berat Total M & E ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^3 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 219.672 kN
Berat sendiri struktur + Berat Mati Tambahan = 8788.6944 kN	

Beban Hidup yang Bekerja pada Struktur	
Beban Hidup	Beban hidup total pada area pelat seluas = 1098.36 m ²
	-Beban Hidup pada Rumah Sakit :
	Ruang Pasien ($W_{\text{Live}} = 192 \text{ kg/m}^2 = 1,92 \text{ kN/m}^2$) = 2108.8512 kN
	Koridor ($W_{\text{Live}} = 383 \text{ kg/m}^2 = 3,83 \text{ kN/m}^2$) = 4206.7188 kN
Beban tereduksi pada struktur(30% Live Load) = 1894.671 kN	
Total Beban Struktur Lantai 2-4 = 10683.3654 kN	

0.12 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 3 m = (0.3 m x 0.4 m) = 9.6 m												
	Volume Total Balok = 1.152 m ³												
	Berat Total Balok dg Bentang 3 m (γ = 24 kN/m ³) = 27.648 kN												
Elemen Balok Anak	Luas	Panjang Elemen											
	Penampang	Grid	Panjang (m)	Total									
		B'	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
	Ukuran 7.2 m - (0.45 m x 0.65 m)	D	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
		E	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
		G'	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6					39.6
	0.2925 m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 7.2 m (0.45 m x 0.65 m) = 158.4 m											
		Volume Total Balok = 46.332 m ³											
		Berat Total Balok dg Bentang 7.2 m (γ = 24 kN/m ³) = 1111.968 kN											
	Elemen Kolom	Luas Penampang		Panjang Elemen		Volume							
Dimensi Kolom = 0.6 m x 0.6 m		= 36 x 4 m = 144 m		= 52 m ³									
(Seragam untuk = 0.36 m ²)		= 49 x 2 m = 98 m		= 35 m ³									
Setiap Lantai)													
Volume Total Balok = 87 m ³		Berat Total Kolom 0,6 m x 0,6 m (γ = 24 kN/m ³) = 2090.88 kN											
Elemen Pelat	Luas Penampang		Tebal Pelat		Volume								
	Panel 1 = 42 x 22.68 m ² = 952.56 m ²		Panel 1 = 0.14 m		= 133.358 m ³								
	Panel 2 = 10 x 10.8 m ² = 108 m ²		Panel 2 = 0.09 m		= 9.720 m ³								
	Panel 3 = 2 x 22.68 m ² = 45.36 m ²		Panel 3 = 0.14 m		= 6.350 m ³								
	Panel 4 = 0 x 25.92 m ² = 0 m ²		Panel 4 = 0.14 m		= 0.000 m ³								
	Volume Total Pelat = 149.429 m ³		Berat Total Pelat (γ = 24 kN/m ³) = 3586.2912 kN										
Elemen Dinding	Luas Penampang Dinding		Panjang Elemen										
	= 0.15 m x 6.6 m = 0.99 m ²		= 25 x 4 m = 100 m										
	= 0.15 m x 5.7 m = 0.855 m ²		= 23 x 4 m = 92 m										
	= 0.15 m x 3 m = 0.45 m ²		= 24 x 4 m = 96 m										
	= 0.15 m x 2.4 m = 0.36 m ²		= 28 x 4 m = 112 m										
	Volume Total Dinding = 261.180 m ³		Berat Total Dinding (γ = 150 kg/m ³ = 1,5 kN/m ³) = 391.77 kN										
Beban Mati Tambahan pada Struktur													
Water proofing	Luas Penampang		Tebal Waterproofing										
	Luas lantai yang harus dipelster = Luas pelat panel 1		= 2 cm										
	= 1030.32 m ²		= 0.02 m										
	Volume Total waterproofing = 20.606 m ³		Berat Total waterproofing (γ = 0,05 kN/m ³) = 1.03 kN										
Plumbing	Luas total yang akan diberi plumbing = Luas Pelat = 952.56 m ²		Berat Total Plumbing (γ = 25 kg/m ³ = 0,25 kN/m ³) = 238.14 kN										

Plafond	Luas total yang akan diberi plafond = Luas Pelat = 1105.92 m ²
	Berat Total Plafond ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 221.184 kN
M & E	Beban mechanical & electrical pada area pelat seluas = 1105.92 m ²
	Berat Total M & E ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 221.184 kN
Berat sendiri struktur + Berat Mati Tambahan = 8442.73 kN	

Beban Hidup yang Bekerja pada Struktur	
Beban Hidup	Beban hidup total pada area pelat seluas = 1105.92 m ²
	-Beban Hidup pada Rumah Sakit :
	Ruang Pasien ($W_{Live} = 192 \text{ kg/m}^2 = 1,92 \text{ kN/m}^2$) = 2123.3664 kN
	Koridor ($W_{Live} = 383 \text{ kg/m}^2 = 3,83 \text{ kN/m}^2$) = 4235.6736 kN
Beban tereduksi pada struktur(30% Live Load) = 1907.712 kN	
Total Beban Struktur Lantai 5/Lantai Atap = 10350.44352 kN	

		Panjang Total Balok dg Bentang 3 m = (0,3 m x 0,4 m) = 0 m	
	m ²	Volume Total Balok = 0 m ³	
		Berat Total Balok dg Bentang 3 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 0 kN	
Elemen Balok Anak	Luas	Panjang Elemen	
	Penampang	Grid	Panjang (m)
			Total
	Ukuran 7,2 m - (0,45 m x 0,65 m)		
	m ²	Panjang Total Balok dg Bentang 7,2 m (0,45 m x 0,65 m) = 0 m	
		Volume Total Balok = 0 m ³	
		Berat Total Balok dg Bentang 7,2 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$) = 0 kN	
Elemen Kolom	Luas Penampang		Panjang Elemen
	Dimensi Kolom = 0,6 m x 0,6 m = 0,36 m ² (Seragam untuk Setiap Lantai)		= 36 x 2 m = 72 m
	Volume Total Balok		= 26 m ³
	Berat Total Kolom 0,6 m x 0,6 m ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)		= 622,08 kN
Elemen Pelat	Luas Penampang		Tebal Pelat
	Panel 1 = 1 x 22,68 m ² = 22,68 m ²		Panel 1 = 0,14 m = 3,175 m ³
	Panel 2 = 13 x 10,8 m ² = 140,4 m ²		Panel 2 = 0,14 m = 19,656 m ³
	Panel 3 = 2 x 22,68 m ² = 45,36 m ²		Panel 3 = 0,14 m = 6,350 m ³
	Panel 4 = 2 x 25,92 m ² = 51,84 m ²		Panel 4 = 0,14 m = 7,258 m ³
	Volume Total Pelat		= 36,439 m ³
Berat Total Pelat ($\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$)		= 874,5408 kN	
Elemen Dinding	Luas Penampang Dinding		Panjang Elemen
	= 0,15 m x 6,6 m = 0,99 m ²		= 2 x 2 m = 4 m
	= 0,15 m x 5,7 m = 0,855 m ²		= 0 x 2 m = 0 m
	= 0,15 m x 3 m = 0,45 m ²		= 22 x 2 m = 44 m
	= 0,15 m x 2,4 m = 0,36 m ²		= 14 x 2 m = 28 m
	Volume Total Dinding		= 33,840 m ³
Berat Total Dinding ($\gamma = 150 \text{ kg/m}^3 = 1,5 \text{ kN/m}^3$)		= 50,76 kN	
Beban Mati Tambahan pada Struktur			
Water proofing	Luas Penampang		Tebal Waterproofing
	Luas lantai yang harus dipelster = Luas pelat panel 1 = 260,28 m ²		= 2 cm = 0,02 m
	Volume Total waterproofing		= 5,206 m ³
	Berat Total waterproofing ($\gamma = 0,05 \text{ kN/m}^3$)		= 0,26 kN
Plumbing	Luas total yang akan diberi plumbing = Luas Pelat = 260,28 m ²		
	Berat Total Plumbing ($\gamma = 25 \text{ kg/m}^2 = 0,25 \text{ kN/m}^2$)		= 65,07 kN

Plafond	Luas total yang akan diberi plafond = Luas Pelat = 260.28 m ²
	Berat Total Plafond ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 52.056 kN
M & E	Beban mechanical & electrical pada area pelat seluas = 260.28 m ²
	Berat Total M & E ($\gamma = 20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$) = 52.056 kN
Berat sendiri struktur + Berat Mati Tambahan = 1873.64 kN	

Beban Hidup yang Bekerja pada Struktur	
Beban Hidup	Beban hidup total pada area pelat seluas = 260.28 m ²
	-Beban Hidup pada Rumah Sakit :
	Ruang Pasien ($W_{Live} = 192 \text{ kg/m}^2 = 1,92 \text{ kN/m}^2$) = 499.7376 kN
	Koridor ($W_{Live} = 383 \text{ kg/m}^2 = 3,83 \text{ kN/m}^2$) = 996.8724 kN
Beban tereduksi pada struktur(30% Live Load) = 448.983 kN	
Total Beban Struktur Lantai Ruang Lift dan Tangga = 2322.62208 kN	

Lantai	Tinggi Lantai (Zx)	Berat Lantai Wx (kN)	Tinggi Lantai Wx . Zx (kN-m)
1	5	11736.54	58682.72
2	9	10683.37	96150.29
3	13	10683.37	138883.75
4	17	10683.37	181617.21
5	21	10350.44	217359.31
R.Lift + Tangga	25	2322.62	58065.55
TOTAL		56459.71	750758.83

Lantai	Berat Lantai Wx (kN)
1	11736.54
2	10683.37
3	10683.37
4	10683.37
5	10350.44
R.Lift + Tangga	2322.62
TOTAL	56459.71

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Anggita Nilamsari,, lahir di Kediri 11 Agustus 1997, merupakan anak semata wayang dari pasangan suami istri, Bapak Djoko Winardyo dan Ibu Suipyah. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu SDN Selosari II Kabupaten Kediri, SMPN 1 Kandat Kabupaten Kediri, SMAN 1 Kandat Kabupaten Kediri dan menempuh masa kuliah di Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis sempat mengikuti kerja praktir di PT. Tata Mulia Nusantara Indah pada Proyek Ciputra World Surabaya Phase Three. Selain itu penulis pernah mengikutipelatihan LKMM Pra-TD dan menjadi panitia Dvillage 7th Edition serta panitia Dvillage 8th Edition. Penulis dapat dihubungi melalui email anggitanilam296@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Ahmad Farid lahir di Gresik 16 November 1997 , merupakan anak bungsu dari 3 bersaudara pasangan suami istri Bapak syafaat dan Ibu Nasuhah. Pendidikan Formal yang pernah ditempuh oleh penulis yaitu MI Assa'adah Sampurnan Bungah Gresik, MTs Assa'adah Sampurnan

Bungah Gresik, SMA Assa'adah Sampurnan Bungah Gresik dan menempuh masa kuliah di Diploma III Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis sempat mengikuti kerja praktik di CV. Merka Konsultindo pada Proyek Gunawangsa Gresik. Selain itu penulis pernah mengikuti pelatihan LKMM Pra-TD dan menjadi panitia dan menjadi panitia Dvillage 7th Edition serta panitia Dvillage 8th Edition serta pernah mengikuti beberapa organisasi di kampus yakni Himpunan Departemen Teknik Infrastruktur Sipil dan *Technopreneur Development Center* ITS. Penulis dapat dihubungi melalui email ahfarid96@gmail.com